

RAIL ET TRACTION

CAHIERS DE DOCUMENTATION FERROVIAIRE



EDITES PAR L'ASSOCIATION ROYALE BELGE
DES AMIS DES CHEMINS DE FER

N° 137 ● Décembre 1990 ● 130 F



Fin août 1990, le prototype de tramway à plancher surbaissé, mis au point par la S.A. "Constructions Ferroviaires et Métalliques" (BN), a séjourné quelques jours à Bruxelles pour y réaliser des essais de nuit au départ du dépôt de l'avenue de l'Hippodrome. (Photo G. Bricman)

En couverture

Automotrice type 1935 dans son état initial, à quai dans l'ancienne gare de Bruxelles-Nord (côté rue de Brabant). On remarque un poteau en treillis du début de l'électrification. (Collection ARBAC)

RAIL ET TRACTION

Cahiers de documentation ferroviaire édités par l'A.R.B.A.C.
(Association royale belge des amis des chemins de fer, a.s.b.l.)

Gare Centrale, B-1000 Bruxelles

CCP : 000-0281272-69 de l'ARBAC

TVA : 406.677.151

137

Editeur responsable : Georges Nève, avenue Besme, 77 - 1190 Bruxelles

Dépôt légal à la parution - Imprimé en Belgique



SOMMAIRE

- Cent cinquante et un ans de chemin de fer en Belgique (Suite)
par P. Van Geel p. 3
 - Les autorails de la SNCB pour l'entretien des caténaires
par C. Dosogne p. 31
-
-



Train de marchandises remorqué par deux locomotives type 123 (actuelle série 23), sur une rampe de la ligne du Luxembourg. La caténaire compound et les portiques sont bien visibles. (Photo B. Dedoncker)



Train semi-direct Charleroi-Sud - Liège-Guillemins, à Statte en août 1972 (Locomotive n° 2320). A l'avant-plan, un portique d'alimentation des caténaires. (Photo B. Dedoncker)

CENT CINQUANTE ET UN ANS DE CHEMIN DE FER EN BELGIQUE (Suite)

par P. Van Geel

LES INSTALLATIONS FIXES DE LA TRACTION ELECTRIQUE

Electrifier une ligne après une étude de rentabilité ou une décision politique n'est pas seulement superposer des caténaires et des sous-stations à ce qui existe, ni même dégager un gabarit électrique, ce qui n'est pas rien. On améliore la voie, parfois son tracé, on la renouvelle en grande partie ; on supprime des passages à niveau au prix de remblais, ponts, viaducs ou tunnels avec en prime quelques nouvelles gares. On adapte la signalisation en ajoutant, comme pour les voies, les circulations à contre-voie ... bref, on en profite pour réaliser tous les travaux qui doivent ou devraient se faire et on globalise les coûts en déplorant que l'électrification coûte cher. Comme l'électrification d'une ligne en fige la structure, on lui impute nombre de travaux qui eussent été indispensables même sans traction électrique, et d'autres qui relèvent franchement de la rénovation urbaine. La simple électrification en 3000 V - caténaires et sous-stations - revient à quelque 15-20 millions par kilomètre de double voie ; une sous-station classique à 2 x 4200 kW représente environ 150 millions en moyenne. L'un des critères déterminants est la densité : le rapport kW installés par kilomètre de ligne.

1. LE CHOIX INITIAL.

La SNCB avait décidé d'électrifier la ligne 25, Bruxelles-Anvers, pour 1935, ce qui allait coïncider avec le centième anniversaire du chemin de fer en Belgique. Manquant d'expérience en matière de traction électrique, elle adopta en janvier 1933 les préconisations d'un syndicat regroupant des bureaux d'études et des constructeurs nationaux, et choisit la système considéré alors comme le plus évolué : la traction par courant continu à 3000 volt (3 kV). D'origine USA (sur le Chicago-Milwaukee en 1915), introduit sur une grande échelle en Europe par les chemins de fer italiens à partir de 1925-1927, normalisé et homologué par l'UIC, le continu 3 kV cadrait bien avec le besoin délimité de la SNCB : les 43,8 km de la ligne Bruxelles-Malines-Anvers desservie par des automotrices rapides, pas davantage. La Jonction se construisait, la " petite étoile " électrifiée n'était, alors, même pas une hypothèse : elle ne fut décidée que vers la fin des années 30.

Vint la pause due à la guerre, puis la véritable électrification, entamée en 1949 et toujours en cours ; nous n'en écrivons pas l'histoire (un tableau chronologique des électrifications belges figure ci-après).

Vers 1980, des historiens en verve cherchèrent des poux au 3 kV : besoin incoercible de s'ériger en mentors, ou prurit de raconter une "histoire belge" de plus ? Toujours est-il qu'on nous apprend, avec un demi-siècle de retard, que le choix de la SNCB avait provoqué la grande surprise de voisins que nous aurions dû imiter au nom d'une prétendue unification technique, alors parfaitement imaginaire, dont le besoin ne se fera sentir qu'après les épreuves de la guerre, et qui ne se résoudra que par les engins polycourant.

Qu'existait-il à l'époque du choix, vers 1931-1932 ? Il y avait le monophasé haute tension et basse fréquence, avec les exemples plutôt éloignés de la Suisse, de l'Allemagne du sud ou de la Suède, essentiellement avec des locomotives. Aurions-nous dû prévoir une alimentation spéciale pour une ligne isolée de moins de 50 km ? D'autant plus que le Midi français et les Pays-Bas avaient récusé cette technique et choisi le 1500 V continu.

Pourquoi pas le 1500 V continu, imposé aux compagnies françaises par une décision ministérielle de 1920 ? Dans un souci de reconstruction, d'industrialisation et en quête d'une autarcie énergétique au moins partielle (l'énergie hydro-électrique), on avait voulu d'abord un réseau haute tension (HT) d'intérêt général, réseau restant d'ailleurs à créer ; ceci excluait le monophasé basse fréquence et ses lignes HT spécialisées. Quant au choix 3000 ou 1500 V, on préféra le second par dévotion au troisième rail que l'on connaissait bien, et 1500 V était la tension limite (1) ; il y avait aussi un recul, alors compréhensible, devant le gigantisme et le rendement moyen des sous-stations 3000 V de l'époque (groupes moteur-génératrice), alors que de très bonnes commutatrices étaient possibles en 1,5 kV, elles le prouvèrent. Mais le choix belge se situe douze ans plus tard : les redresseurs à vapeur de mercure avaient fait leurs preuves et permettaient des sous-stations relativement simples pour l'époque, et davantage espacées. D'ailleurs, le 3000 V s'étendait alors un peu partout, y compris en Afrique du Nord, pourtant dans la mouvance française (Algérie - Maroc, 1927-1932).

Dans leur zèle, les censeurs négligent le rôle, prépondérant à l'époque, des constructeurs électriciens. Un réseau national ou une compagnie pouvait avoir son style et ses idées au temps de la vapeur, mais la traction électrique offrait un choix limité d'options disponibles sur le marché. Des accords de licence ou d'association faisaient qu'avec de nombreux constructeurs, les réseaux se trouvaient finalement face à un nombre restreint de variantes. L'électrification belge fut d'inspiration américaine GECO (SEM) et Westinghouse (ACEC) ; d'où, plus tard, des relations régulières avec des firmes françaises où se retrouvaient les mêmes techniques, comme Alsthom ou Jeumont. Maintenant, les concentrations sont telles que l'on ne retrouve plus les interlocuteurs traditionnels et que l'on craint de se voir imposer des solutions : on ne parlait pas d'abus de position dominante ou de phénomène de rejet en 1932-33 ...

Pourquoi la SNCB aurait-elle, au début des années 30, choisi le 1500 plutôt que le 3000 V ? Pour franchir une frontière ? Laquelle, selon quelle norme ou quel exemple ? Nos constructeurs pouvaient aisément proposer l'un ou l'autre ; aucune automotrice étrangère ne pouvait alors nous inspirer, et le bilan financier global désignait le 3 kV. C'était la crise, chaque réseau soutenait l'industrie locale et ses techniques ... Cela devint, plus tard, une habitude et une quasi-contrainte aux résultats parfois discutables.

Est-ce à dire que le 3000 V était sans reproche ? Que non ! Mais cela ne concernait pas tant les installations fixes que le matériel moteur, objet des remarques bienveillantes des oracles, toujours à l'aise pour critiquer a posteriori.

Les critiques adressées au 3000 V appartiennent au passé. Difficulté d'isolement à la masse pour 3,6 kV ? Non, sauf pour des constructeurs inexpérimentés, mais il y a des surcroûts de poids, donc de coût, qui s'amenuisent avec les isolants modernes ; les amateurs de polycourant en tiennent compte.

Difficultés avec les auxiliaires d'autrefois, aussi capricieux en 3 qu'en 1,5 kV ? Exact. Ces petits moteurs furent toujours délicats, quoique ceux des compresseurs des premières automotrices (1935) - 3 kV à un seul collecteur aient tourné durant 40 ans sans une seule défaillance électrique. Maintenant, on utilise l'électronique, du continu 440 ou 110 V, du triphasé et du monophasé style industriel, et les auxiliaires causent toujours des soucis ... ce n'est pas propre au chemin de fer.

(1) Cela n'empêcha nullement le Chemin de fer de l'Etat de poursuivre la remarquable électrification de la banlieue Saint-Lazare en continu 600 V par 3ème rail jusqu'en 1936. Comme quoi, l'unification, c'est d'abord ... les autres!

Susceptibilité au patinage avec des moteurs couplés en série ? Oui, sous trois réserves. D'abord, que cela n'a jamais concerné les automotrices ; ensuite qu'en 1,5 comme en 3 kV, il était de règle de démarrer en série avec le rhéostat inséré et que c'est alors que les patinages sont à craindre, non en vitesse. Enfin, qu'il y a, à côté du choix du courant, nombre de facteurs : parties mécaniques, transmission, programme de traction. Bien entendu, les hacheurs, les onduleurs prennent la relève et la question n'est plus d'actualité, mais le matériel moteur comporte encore plus de la moitié d'engins qui sont basés sur la technique du rhéostat, soufflé ou non (1). Il faut faire de son mieux avec ce que l'on a ...

Le système monophasé 25 kV 50 Hz est le meilleur, car le plus récent : il fait la synthèse des avantages des systèmes précédents et sa réussite est due à trois facteurs :

- d'abord les hommes, et avant tout Louis Armand, qui saisirent l'immense potentiel qui s'offrait ;
- l'arrivée en grande traction de nouvelles techniques électriques et surtout électroniques : les redresseurs monoanodiques, puis les semi-conducteurs, diodes et thyristors, et les ordinateurs ;
- le fait que la SNCF trouvait en 1945 un bon tiers de la France, vierge de toute traction électrique. A part Paris-Le Mans et Paris-Dijon-Lyon, décidées antérieurement, il n'y avait rien, ni sur le Nord, ni sur l'Est, nos seuls voisins ; l'état-major des armées s'y était opposé. Imaginez le 1500 V arrivant à Calais, Lille, Strasbourg en même temps qu'à Bordeaux ... c'eut été possible. Le 25 kV n'aurait pas été ce qu'il est devenu, et la SNCB aurait peut-être électrifié en 1500 V ...

Avec l'arrivée massive de l'électronique de puissance, les engins moteurs en continu ou en monophasé se valent. Chaque système, 1,5 ou 3 kV continu, 16 2/3 ou 50 Hz monophasé, permet de répondre aux exigences essentielles de l'exploitation ; c'est avant tout dans les installations fixes que se retrouve l'économie, donc la supériorité du monophasé à fréquence industrielle : la caténaire légère, les rares sous-stations simples et concentrées, et la générosité de l'alimentation. Ce sont les avantages d'une tension doublée qui dictèrent le choix de la SNCB en 1933 ; c'est ce même critère qui porta en tête le monophasé 25 kV, le jour où l'évolution technique le permit.

Au passif du monophasé à fréquence industrielle, il y a des problèmes côté alimentation : ponctions dissymétriques, harmoniques, facteurs de puissance et de forme. Le continu connaît aussi certains de ces inconvénients dont les remèdes sont connus mais coûteux, tels les condensateurs. Les fournisseurs de courant n'aiment pas les perturbateurs : le rendement est diminué et les désagréments se facturent : tout comme les tarifs des heures de pointe, le coût en est élevé.

Une chose demeure : si le 25 kV 50 Hz l'a emporté, il n'a ni éliminé, ni même réduit les systèmes qui l'avaient précédé, au contraire. Le triphasé à l'italienne était trop spécial malgré ses mérites, mais le mono 15 kV 16 2/3 Hz, les continus 1,5 et 3 kV se sont étendus et s'étendront encore, au ralenti, en complément. La SNCF a encore électrifié en continu en 1988 et va ajouter 25 km de continu d'ici à 1992 (La Ferté-Alais-Malesherbes) et l'ancêtre, le continu 600-750 V est loin d'être mort. Il y a sur chaque réseau un besoin d'unification, d'homogénéité technique, d'utilisation du parc existant ; et aussi un peu de routine. Tout l'art est de trouver le compromis...

(1) Au 1.1.90, la SNCB dispose de 212 locomotives à rhéostat et de 169 locomotives à hacheur. A la SNCF, sous les caténaires 1,5 kV continu, 848 locomotives utilisent un rhéostat, contre 460 engins dotés, soit d'un hacheur, soit de moteurs triphasés. Ajoutons les rames TGV dont le nombre s'accroît sans cesse. Inutile de disséquer les parcs d'automotrices. Les rhéostats sont dépassés, mais ont encore des années à vivre ... sans oublier le freinage.

TABLEAU CHRONOLOGIQUE DE L'ELECTRIFICATION DU RESEAU BELGE

Mise en service	N° de ligne	Désignation
	(1)	(2)
décembre 1931	160	Bruxelles-Quartier Léopold - Tervuren (3)
avril 1935	25	Bruxelles-Nord - Anvers-Central
novembre 1949	124	Bruxelles-Midi - Charleroi-Sud
janvier 1950	26, 27, 27B	Linkebeek - Schaerbeek - Muizen
mars 1950	27 et 12	Muizen - Anvers-Nord et Anvers-Central - Anvers-Est
octobre 1952	0	Jonction Nord - Midi à Bruxelles
janvier 1953	26	Linkebeek - Hal
février 1954	50A	Bruxelles-Midi - Gand-Saint-Pierre
juin 1954	50A	Gand-Saint-Pierre - Ostende
juillet 1954	51	Bruges - Blankenberge
octobre 1954	50	Denderleeuw - Alost
octobre 1954	36	Bruxelles-Nord - Louvain
mai 1955	51A	Bruges - Knokke (4)
octobre 1955	36	Louvain - Liège-Guillemins
décembre 1955	36A	Fexhe-le-Haut-Clocher - Kinkempois
janvier 1956	53	Louvain - Malines
janvier 1956	161, 139	Bruxelles-Nord - Bruxelles-Quartier Léopold - Ottignies - Wavre
septembre 1956	161, 162	Ottignies - Namur - Arlon - Luxembourg (L)
octobre 1956	28	Schaerbeek - Bruxelles-Ouest - Bruxelles-Midi
octobre 1956	50	Gand-Saint-Pierre - Melle
décembre 1956	40	Kinkempois - Bressoux
décembre 1956	130	Namur - Ronet
février 1957	139	Wavre - Louvain
mars 1957	144	Gembloux - Jemeppe-sur-Sambre
mars 1957	130	Ronet - Jemeppe-sur-Sambre et courbe de raccord vers Jemeppe-Froidmont (130/1)
juin 1957	12	Anvers-Est - Essen - Roosendaal (NL)
novembre 1957	124A	Roux - Luttre-Pont-à-Celles
mars 1958	124A	Roux - Charleroi-Sud
juillet 1958	27	Weerde - Malines - Sint-Katelijne-Waver
juillet 1958	53A	Malines - Muizen
mai 1959	130	Charleroi-Sud - Jemeppe-sur-Sambre
mai 1960	21	Landen - Hasselt
janvier 1961	50	Bruxelles-Nord - Denderleeuw et Alost - Melle
mai 1961	171	Athus - Rodange (L) (5)
janvier 1963	96	Bruxelles-Midi - Braine-le-Comte
mai 1963	96	Braine-le-Comte - Mons
juillet 1963	96 et 97	Mons - Quévy et Mons - Saint-Ghislain
mars 1964	106	Y Clabecq
janvier 1965	130A	Charleroi-Sud - Erquelinnes
mai 1966	37	Liège-Guillemins - Welkenraedt - Aix-la-Chapelle (D)
septembre 1970	125	Namur - Liège-Guillemins
septembre 1970	59	Berchem - Saint-Nicolas
mars 1971	36C	Zaventem - Bruxelles-National-Aéroport
mai 1971	44	Pepinster - Spa - Géronstère
mai 1973	59	Saint-Nicolas - Gand-Saint-Pierre
octobre 1975	161D	Ottignies - Louvain-la-Neuve-Ottignies
mai 1976	31, 34	Ans - Liers - Herstal - Liège-Guillemins (6)
avril 1979	117	Braine-le-Comte - Luttre-Pont-à-Celles
mai 1979	21A	Hasselt - Genk
mai 1980	75	Gand-Saint-Pierre - Courtrai
mai 1980	52	Anvers-Sud - Boom

Mise en service	N° de ligne (1)	Désignation (2)
septembre 1980	118, 116	Mons - Manage et courbes de raccord vers la gare de formation de Haine-Saint-Pierre
janvier 1981	75	Courtrai - Mouscron
janvier 1981	15, 16, 35	Mortsel - Lierre - Aarschot - Louvain
mai 1981	60, 57	Jette - Termonde - Lokeren
septembre 1981	15	Lierre - Herentals
septembre 1981	35	Aarschot - Diest - Hasselt
janvier 1982	78, 75A	Saint-Ghislain - Tournai - Mouscron
mai 1982	24 et 40	Glons - Visé-Haut et liaison Visé-Haut/ Visé-Bas
mai 1982	13	Lierre - Kontich
mai 1982	34	Liers - Glons - Hasselt
mai 1982	89	Denderleeuw - Zottegem
mai 1982	40	Bressoux - Visé-Bas
novembre 1982	36/3	Y Diegem-Ouest - Y Harenheide
mai 1983	53	Schellebelle - Malines
mai 1983	108	La Louvière - Binche
mai 1983	112	Haine-Saint-Pierre - Piéton
janvier 1984	112	Piéton - Marchienne-au-Pont
mai 1984	24	Visé-Haut - Montzen
mai 1984	49	Welkenraedt - Eupen
mai 1984	125A	Kinkempois - Flémalle-Haute
mai 1984	29	Herentals - Turnhout
février 1985	54	Malines - Saint-Nicolas
septembre 1985	40	Visé-Bas - Maastricht (NL)
janvier 1986	89	Zottegem - Courtrai
juin 1986	66	Bruges - Courtrai
juin 1986	94	Hal - Tournai
juin 1986	140	Ottignies - Charleroi-Ouest
juin 1986	90	Denderleeuw - Grammont
juin 1986	123	Enghien - Grammont
septembre 1986	75	Mouscron - Tourcoing (F) (5)
mai 1987	69	Courtrai - Poperinge
mai 1987	140	Charleroi-Ouest - Charleroi-Sud
juin 1988	90	Jurbise - Ath - Grammont
juin 1988	167	Athus - Mont-Saint-Martin (F) (5)
septembre 1988	260	Charleroi-Ouest - BK 4,550 (Cockerill-Sambre) (7)
mai 1989	154	Namur - Jambes-Nord
mai 1990	154	Jambes-Nord - Dinant
en cours	43	Angleur - Rivage - Marloie

- (1) Les numéros de lignes, mentionnés dans le tableau, sont ceux utilisés par le Département "Infrastructure". Ils ne correspondent pas toujours aux numéros des tableaux-horaires de l'Indicateur officiel.
- (2) Y = bifurcation ; BK = borne kilométrique
- (3) Ligne électrifiée en 1500 V continu et exploitée en traction électrique jusqu'au 31.12.58 par le "Chemin de fer électrique de Bruxelles à Tervuren".
- (4) A la suite des travaux d'agrandissement du port de Zeebrugge, la section Zeebrugge-Heist de la ligne 51A a été remplacée, en 1983, par une nouvelle section Dudzele-Heist contournant le port par le sud et formant, avec la section Heist-Knokke, la ligne 51B.
- (5) Ligne électrifiée en 25 kV 50 Hz.
- (6) La section Ans-Liers est partiellement hors service.
- (7) Ligne industrielle.



Pour réaliser l'électrification des lignes, les engins à traction diesel sont, évidemment, très sollicités. On voit ici un train dérouleur plaçant les nouveaux fils de cuivre lors de l'électrification de la ligne 94 (Hal - Tournai), dans les environs d'Ath. (Photo C. Dosogne)



Les lignes 25 et 27 disposent, à hauteur de Duffel, de sept portiques en treillis métallique supportant la caténaire au-dessus des quatre voies. Exceptionnellement, la 1803 y achemine la rame historique "Rheingold", en direction d'Anvers-Est. (Photo C. Dosogne)

2. LA CATENAIRE A 3000 V DE LA SNCB.

La prise de courant aérienne est chose remarquable. Un pantographe avec son archet, ses semelles et ses barres de frottement glisse avec une pression d'à peine quelques kilos le long d'un ou de deux fils tendus ; et l'on capte ainsi des intensités dépassant les 4000 A, la tension peut monter à 50.000 V et la vitesse atteint actuellement 300 km/h en pratique courante, avec une marge de sécurité confortable. On dépassera sans doute les 300 km/h en service commercial d'ici la fin du siècle, mais les premières difficultés résulteront probablement du captage aux hautes vitesses en toutes circonstances, sans danger ni dégradation (1).

Il ne faut pas en déduire que la caténaire est aisée à réaliser : on lui demande d'être robuste, indéréglable, simple à construire et à entretenir, indifférente à l'environnement et au climat, toutes qualités relevant des exigences mécaniques. Mais les qualités électriques sont tout aussi importantes si pas plus : débiter le courant voulu, sans distorsion ni perte, ou avec des tolérances réduites ; isolement, sections de passage sont des impératifs, et toute faiblesse a une double conséquence : la chute de tension - et des performances pour les trains - l'échauffement, l'affaissement et la dégradation des qualités mécaniques. Et comme partout et toujours, les compromis sont inévitables, ne serait-ce que pour des raisons financières.

Pour électrifier Bruxelles-Anvers et par la suite tout son réseau, la SNCB a choisi une caténaire compound polygonale, semblable à celle adoptée par le P.O. en 1924, elle-même inspirée de celle que la General Electric (GECO) avait conçue en 1915 pour la première grande électrification en continu 3 kV.

La caténaire unifiée SNCB comporte un câble porteur principal en bronze de 94,13 mm² de section, un porteur auxiliaire fait d'un fil rond en cuivre au cadmium de 103 mm² suspendu par des pendules, et deux fils de contact rainurés en cuivre pur à 98 % de chacun 100 mm², suspendus alternativement par des pendules-étriers ; l'ensemble équivaut à une section totale de 360 mm² de cuivre pur. Sur les FS, nous trouvons sur la "Direttissima" une caténaire avec un porteur en cuivre cadmié de 160 mm² et deux fils de contact de 150 mm². En 1500 V, la SNCF prévoit une caténaire normale de 396 mm² de section cuivre équivalente, ou une caténaire renforcée de 477 mm². La caténaire NS équivaut à 500 mm², feeder compris.

La hauteur du fil de contact en pleine voie est de 5,10 m ; elle monte à 6,0 m dans les gares et à certains passages à niveau, et même à 6,25 m dans les gares bruxelloises. Au droit des supports, le désaxement (zigzag) peut atteindre 20 cm et est réduit à 17,5 cm aux endroits exposés ; le montage polygonal en courbe mène à corriger ces valeurs. L'espacement entre supports (poteaux ou portiques) est de 63 m en alignement et est réduit en fonction des rayons des courbes, par décrets de 7,0 m (56 m, 49 m, etc).

En 1935, il y avait un dogme, en fait un péché de jeunesse : la mise au rail des supports, par mesure de sécurité. Suivant les errements de l'époque, le pied de chaque poteau, isolé de la terre par un enduit spécial, fut raccordé au rail voisin par un câble isolé, enfoui dans le ballast. On croyait ainsi se prémunir contre les dangers de la foudre. C'était peut-être vrai, mais les câbles étaient une nuisance pour l'entretien des voies et, comme un câble n'est pas à sens unique, le courant traction de retour, au lieu de se cantonner sagement dans les rails, en profita pour vagabonder ; l'électrolyse avait réduit les pieds des poteaux à peu de chose lorsqu'on s'en aperçut. C'est l'une des raisons pour lesquelles on remplace ces poteaux qui, entre-temps, avaient été

(1) Outre le captage du courant, il faut trouver ou développer de nouvelles techniques de freinage, indépendantes du contact roue-rail, et surtout établir un bilan économique. La suprématie de l'avion demeure au-delà de 3-4 heures de trajet, parcours terminaux compris.

haubanés. Depuis lors, un simple fil de 50 mm² réunit les poteaux entre eux jusqu'à la barre de terre de la plus proche sous-station ... et on a multiplié le nombre de parafoudres (1).

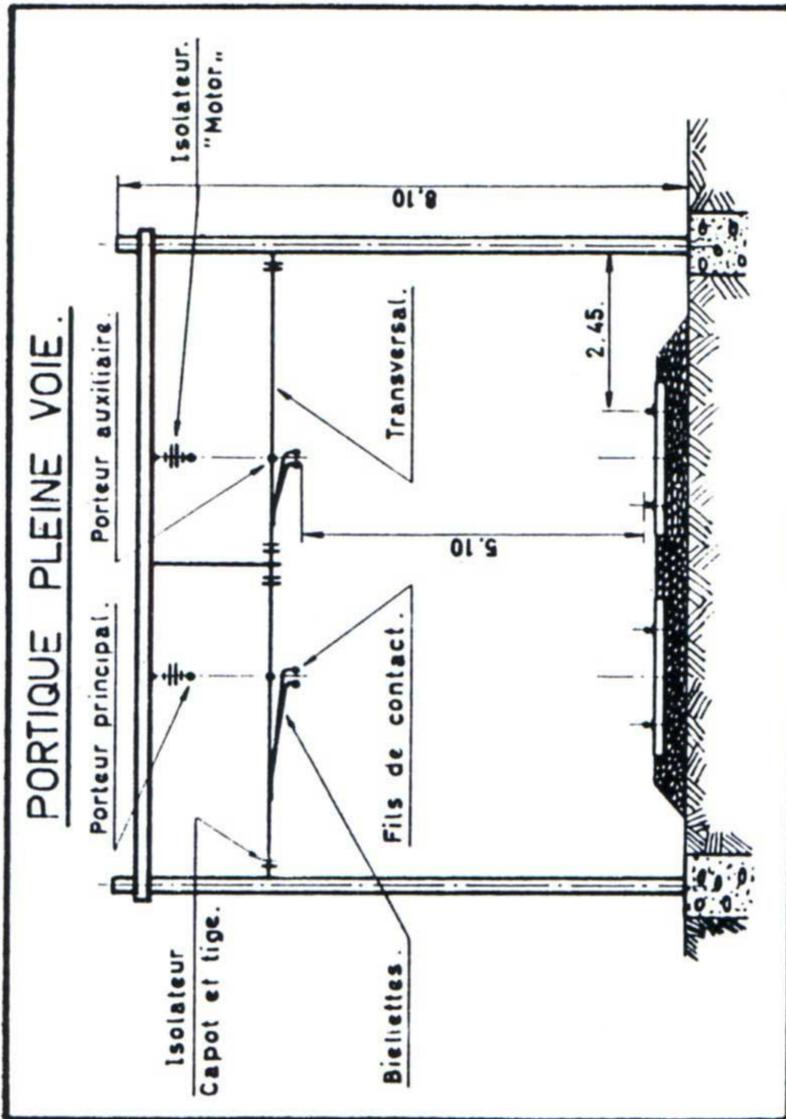
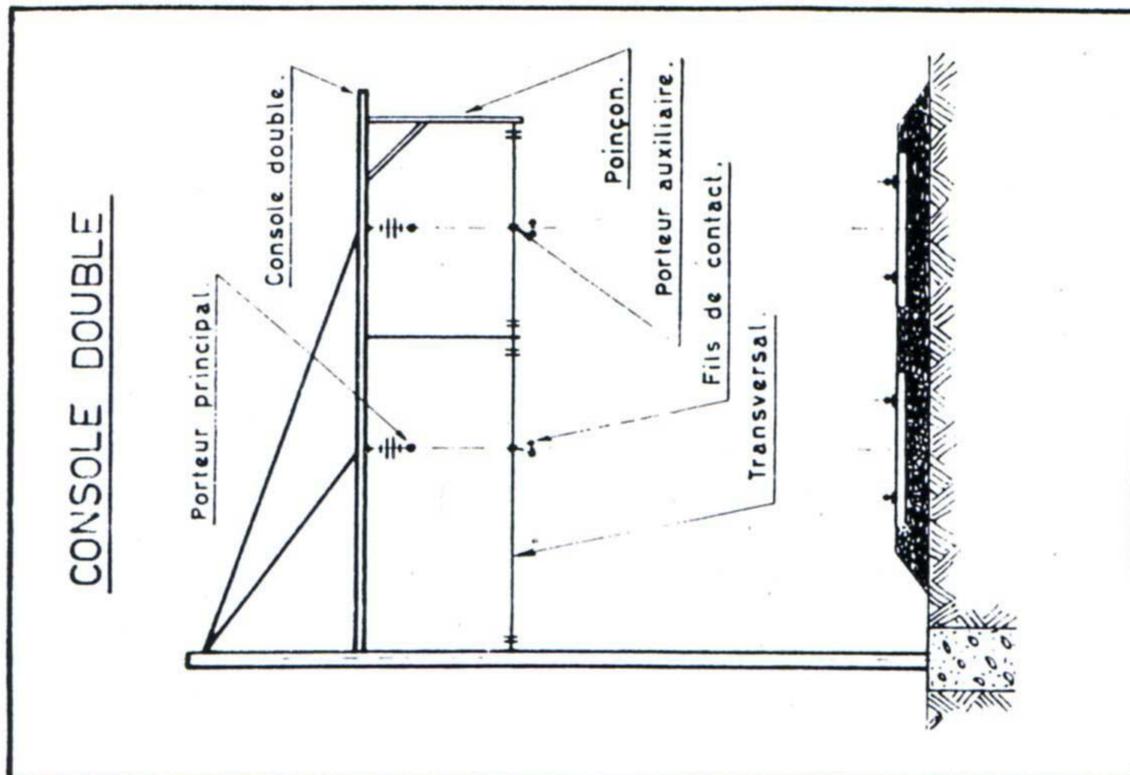
Avec des besoins croissants et en fonction de l'éloignement des sous-stations, les caténaires ont été doublées, sur certains tronçons chargés, par des feeders d'une section équivalant à 366 mm² de cuivre ; on double ainsi la section des conducteurs sans problème de régulation et, bien entendu, sans usure. Tout est dans la loi d'Ohm : si, au point d'alimentation, on a la tension U, cette tension chutera en fonction de la résistance R de la caténaire (proportionnelle à la distance et inversement proportionnelle à la section) et du carré de l'intensité appelée (I). La chute de tension sera de RI, ce qui par effet Joule se traduit par un échauffement, d'où affaissement, risque d'accrochage et finalement d'arrachage. Donc, si la section de caténaire et le voltage sont des facteurs propices, l'intensité appelée et l'espacement sont néfastes ; tout choix sera un compromis.

Les feeders ne remplacent pas les kilowatts manquants, mais ils contribuent à ne pas gaspiller ceux dont on dispose. Il en est de même pour la mise en parallèle des caténaires : si les appels de courant sont symétriques, l'utilité en est réduite, mais c'est une solution intéressante et peu coûteuse pour les longues rampes.

La caténaire compound a été choisie en 1933 sous l'influence de GECO et à l'exemple du P.O. Il existe d'autres modèles en Italie, aux Pays-Bas, etc ; chaque réseau unifié, c'est normal. D'autre part, la caténaire compound, complexe et coûteuse, est réservée aux grandes lignes, à la pleine voie avec des vitesses non limitées et des appels de courant élevés ; il y a aussi des alimentations plus simples, en voies latérales, gares d'arrêt, voies de service, raccordements, etc. On remarque l'absence de porteur auxiliaire, avec une ligne de contact double ou simple. En fait, la caténaire s'adapte aux exigences locales de la traction ; il n'y a pas de règle fixe.

Les supports de caténaires en pleine voie ont subi une évolution dans le sens de l'économie. Au début, et selon une pratique toujours actuelle chez nos voisins - sauf les NS - la règle était l'indépendance : chaque voie était considérée séparément, les seules liaisons étant électriques. Cette indépendance totale se retrouvait sur Bruxelles-Anvers avec les élégants poteaux en treillis rivés ou soudés ; il en avait été de même pour les premières électrifications de l'après-guerre : Bruxelles-Charleroi (ligne 124) et Anvers-Nord - Muizen - Linkebeek (lignes 27 et 26), avec cette fois des poteaux en poutrelles H et des consoles en profilés commerciaux : un ensemble robuste, massif et plutôt inesthétique. On adopta enfin les légers portiques en profilés, renonçant du même coup à l'indépendance mécanique des supports, la guerre et quelques incidents ayant démontré que la chose était plus théorique que réelle. On alla cependant trop loin dans la simplification, en positionnant les caténaires à l'aide d'un simple câble transversal ; la solution finale fut l'emploi de consoles et poinçons pour tenir les antibalançants ; les bras de rappel ou biellettes travaillant toujours en traction, s'utilisent en courbes de 9000 m et moins. Quant aux poteaux en béton, dont subsistent quelques exemplaires en

(1) Le retour du courant de traction (pôle négatif en général) et la mise à la terre sont choses bien distinctes. Des difficultés s'étaient révélées en 1927, avec une ligne privée électrifiée en continu 550 V et raccordée à la SNCB en gare de Bernissart (ligne 78A), mais aucun enseignement n'en fut retenu. Le pôle négatif est un point essentiel : le retour du courant doit être aussi efficace que son amenée ; c'est l'affaire des rails. La conductivité d'une voie est supérieure à celle d'une caténaire à 1,5-3 ou 25 kV, moyennant les adaptations voulues : traverses béton isolées ou traverses bois, connexions aux joints de rails ; les longs rails soudés ont, bien entendu, réduit les coûts de l'opération, qui représentent 4 à 5 % du prix de l'électrification proprement dite.



Supports de caténares utilisés pour l'électrification de la ligne Bruxelles-Liège, en 1954-1955.
(Clichés ARBAC)



En gare de Louvain, passerelle de signalisation combinée avec un portique de support des caténaires. (Photo SNCB)



Les travaux d'électrification sont très souvent accompagnés d'une amélioration du tracé des voies, afin d'augmenter la vitesse des trains. Ci-dessus, la courbe de Ville-Pommeroeul entre Mons et Tournai. (Photo SNCB)

bordure de la ligne 25, mieux vaut ne pas en parler ...

La technique des portiques de la SNCB n'a pas été imitée ailleurs. Les NS ont aussi des portiques, mais pour d'autres raisons : l'instabilité des sols a nécessité de relier entre elles les bases des montants, formant ainsi un cadre stable. Quasiment tous les réseaux électrifiés en continu ont adopté l'indépendance mécanique des supports de caténaires.

Evolution.

La caténaire compound polygonale a fêté ses trois quarts de siècle ; elle n'est cependant pas immuable. Les lignes nouvelles et notamment le TGV-PSE (Paris-Lyon), les tronçons portés à 200 et maintenant à 225 km/h en 1500 V continu (Tours-Bordeaux) et des électrifications récentes en techniques classiques ont apporté leur moisson d'enseignements.

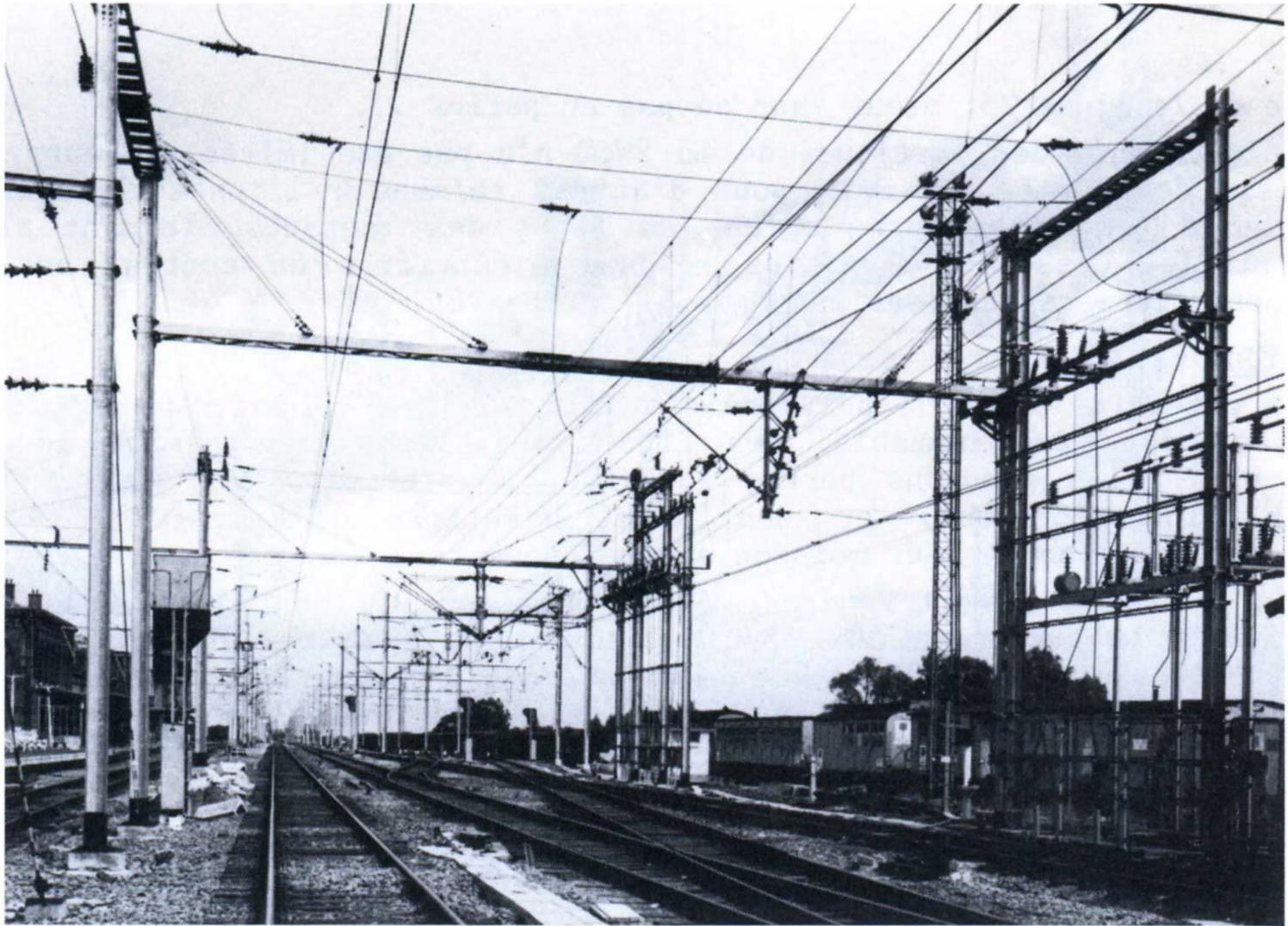
Sur Narbonne - Port-Vendres, électrifiée en 1981-82, tout comme sur la ligne TGV à la traversée du Morvan, l'action du vent a eu des résultats insoupçonnés jusqu'alors : résonance imposant de solidariser les fils de contact ; divorce entre pantographes et caténaire, provoqué par des soulèvements intempetifs menant jusqu'à l'arrachage ; il en résulte une évolution que l'on peut résumer comme suit (1) :

- fils de contact méplats de 150 mm², en remplacement des fils ronds habituels (100 à 107 mm²), permettant de pousser l'usure plus loin et d'espacer les opérations de remplacement, d'où économie des frais d'entretien. La section caténaire (neuve) augmente de quelque 25 % ; rappelons que Paris-Lyon-Marseille fut dotée, dès l'origine, d'une caténaire renforcée avec deux fils de contact ronds de 150 mm² tendus à 1750 daN ;
- simplicité de montage et d'entretien par la suppression du porteur auxiliaire ;
- rigidité accrue par la tension de 2000 daN appliquée aux fils méplats de 150 mm², au lieu des 1000-1250 daN des fils normaux ;
- stabilité augmentée en réalisant la régularisation du câble porteur, tendu à 2500 daN, indépendamment des fils de contact grâce à des supports isolés à console oblique orientable, comme le fait le monophasé depuis des décennies. Avec la caténaire compound, réglage et pendulage se font, une fois pour toutes, pour une température ambiante de 25°C. Il en résulte une meilleure captation, des points durs moins sensibles (ce qui réduit l'usure) et, avec des bras de rappel davantage coudés, une réduction des risques d'accrochage, surtout aux grandes vitesses (2) ;
- emploi d'attaches boulonnées et à griffes, au lieu des simples étriers, assurant la continuité du positionnement et un meilleur contact électrique entre porteur, fils de contact et feeder si nécessaire.

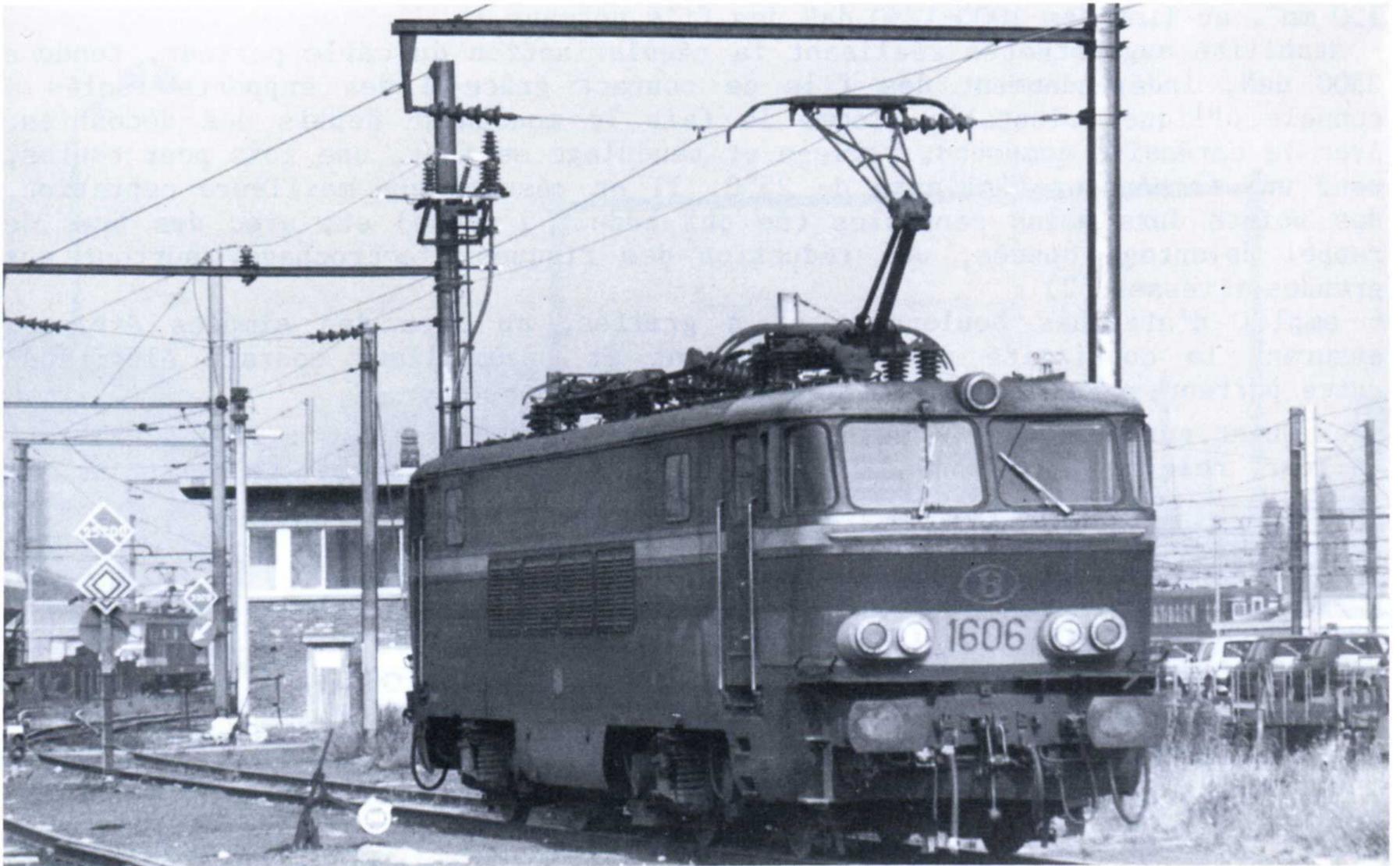
Quant aux portiques, nous y voyons maintenant un défaut : il faudra bien, un jour, relever le plafond de vitesse de nos lignes majeures, ce qui ne pourra se faire - entre autres - qu'en augmentant le rayon des courbes trop serrées, donc en ripant les voies selon un tracé amélioré. Ceci sans parler des expropriations : quelques mètres ou dizaines de mètres, ni des ouvrages d'art parfois mal situés : l'adoucissement des courbes imposera inéluctablement le déplacement des caténaires. Des poteaux individuels faciliteraient l'opération et l'aména-

(1) Une difficulté majeure en continu est le captage à grande vitesse par plusieurs pantographes rapprochés. Les rames TGV lèvent un panto "continu" par motrice, deux par rames, quatre par couplage (sauf les futures rames Londres-Paris-Bruxelles).

(2) Le fil de contact et le porteur sont régularisés par le même appareil tendeur sur les caténaires "monophasé" modernes, 25 ou 15 kV. Sur les lignes TGV (et en continu 1,5 kV sur le contournement de Tours), fil de contact et porteur sont régularisés séparément par des tendeurs à contrepoids.



Installations de la gare bicourant de Quévy, sur la ligne de Bruxelles-Midi à Paris-Nord : à droite, le poste 25 kV et, au centre, la herse commutable 25 kV, 50 Hz - 3 kV, C.C.
(Photo SNCB)



L'atelier de traction électrique de Bruxelles-Midi, où étaient entretenues les locomotives "polycourant" des séries 11, 12, 15, 16 et 25.5, disposait d'une voie d'essai équipée d'une caténaire tramway pouvant être alimentée en 25 kV.
(Photo C. Dosogne)

gement de voies uniques temporaires, alors que les portiques nécessiteront leur remplacement provisoire ...

Demain : TGV et "STAR 21".

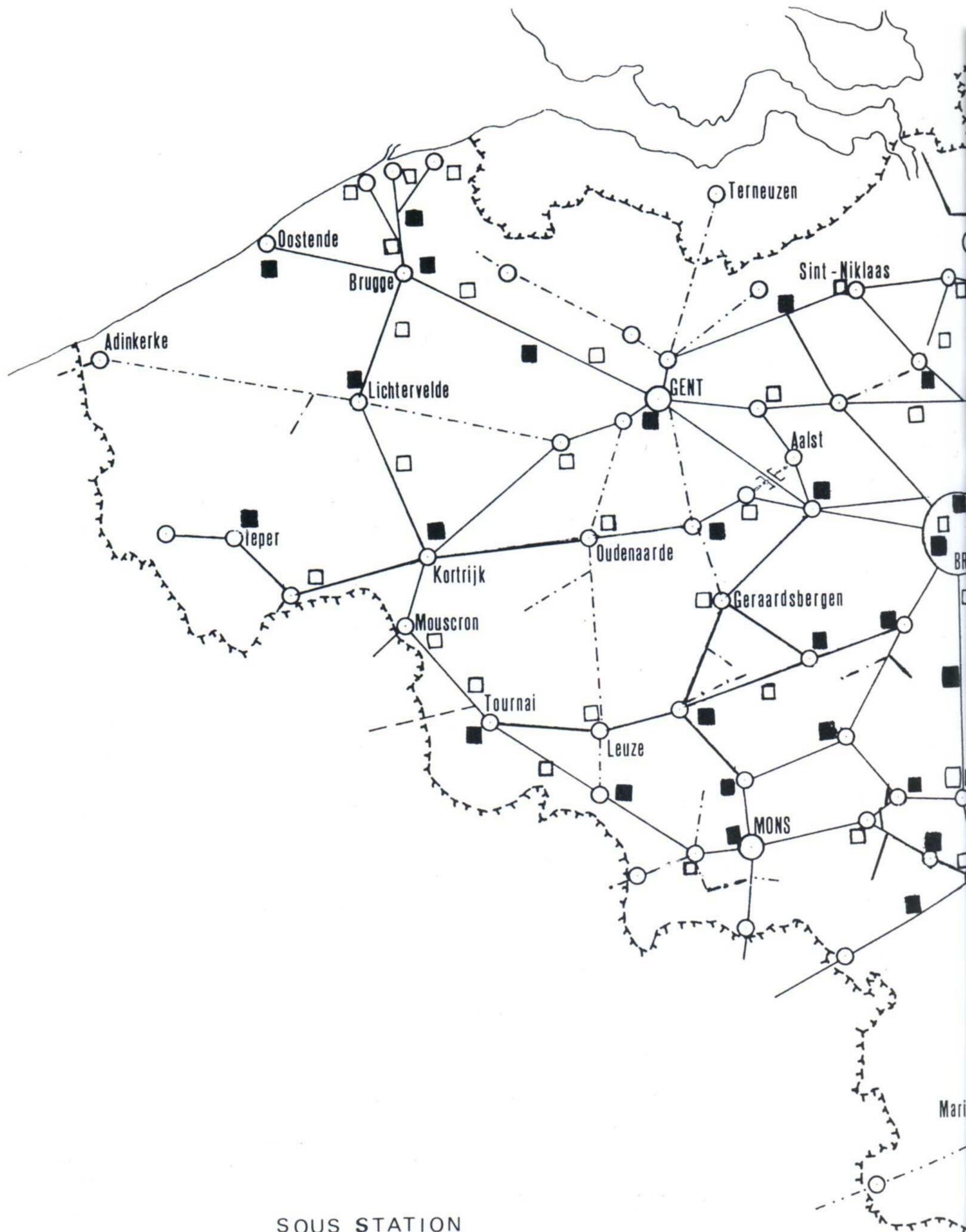
La standardisation à outrance peut tourner à l'immobilisme et à la stagnation : c'est parfois une réaction épidermique au perfectionnisme exagéré des fournisseurs. Mais la SNCB devra bientôt faire des choix : le TGV ne peut se satisfaire des techniques de 1935. Pour les tronçons prévus en monophasé, soit frontière française-Lembeek, Louvain-Bierset, Chênée-Welkenraedt, une caténaire SNCF identique à celle du TGV-Nord est toute désignée : frais d'étude amortis, techniques de pose éprouvées, et c'est la seule ayant fait ses preuves à 300 km/h. Pour Tournai-Lille, la caténaire standard SNCF s'indique et la logique voudrait que le 25 kV pénètre en Belgique, la section neutre se trouvant immédiatement après la bifurcation de Ramegnies-Chin (Froyennes), soit à 4,0 km de Tournai, à mi-chemin de la frontière ; il s'agit là d'une simple question de prix des travaux (1).

Pour les trois tronçons épars à 25 kV, si la caténaire ne se discute pas, le problème est plutôt celui de l'alimentation, en particulier entre la frontière et Lembeek : implantation, une ou deux sous-stations, possibilité de branchement HT, etc. La SNCB aborde ici des techniques qui lui sont peu familières ; une certitude cependant : la SNCF ne vendra pas du courant de traction à la SNCB. Pour les tronçons Louvain-Bierset et Chênée-Welkenraedt (ou les variantes possibles), le problème est moins aigu ; en cas d'incident, les lignes 36 et 37 pourront servir d'itinéraires de détournement, car tous les engins seront bicourant.

Quant à nos caténaires en continu 3000 V, il faut distinguer. D'abord l'essentiel : l'entretien et le renouvellement de ce qui existe, tout en perfectionnant (par exemple avec de nouveaux fils de contact de section accrue, mieux tendus, avec des fixations mécaniques et des connexions électriques plus efficaces). Pour les nouvelles lignes à construire, il ne s'agit pas de nouveaux tracés (sauf au nord d'Anvers), mais simplement du quadruplement banal de tronçons existants, avec des lignes rapides autorisant le 200 km/h (et, espérons-le, le 225 km/h). On ne peut donc envisager un mélange de caténaires ancien et nouveau modèles : ce sera la caténaire actuelle, mais améliorée, notamment au point de vue flèche et pente. Comme il s'agit de sections à 3 ou 4 voies, la mise en parallèle donnera les sections voulues. Seuls les fils de contact de 150 mm² et davantage nous semblent un "must". En comparant avec la SNCF, souvenons-nous qu'à puissance appelée égale, la tension est doublée et les intensités moitié moindres ; le choix de 1933 n'était pas malheureux. Et nos "lignes nouvelles" doivent permettre 225 km/h, et non 270. De toute façon, il faudra une alimentation notablement, et même très notablement renforcée, mais ceci est du domaine des sous-stations.

En ce qui concerne les engins pour l'entretien des caténaires, le lecteur trouvera quelques renseignements intéressants dans le numéro 136 de cette revue : les véhicules utilisés sont d'anciens autorails série 43, complètement transformés ou, pour mieux dire, reconstruits. Nous ajouterons cependant que le

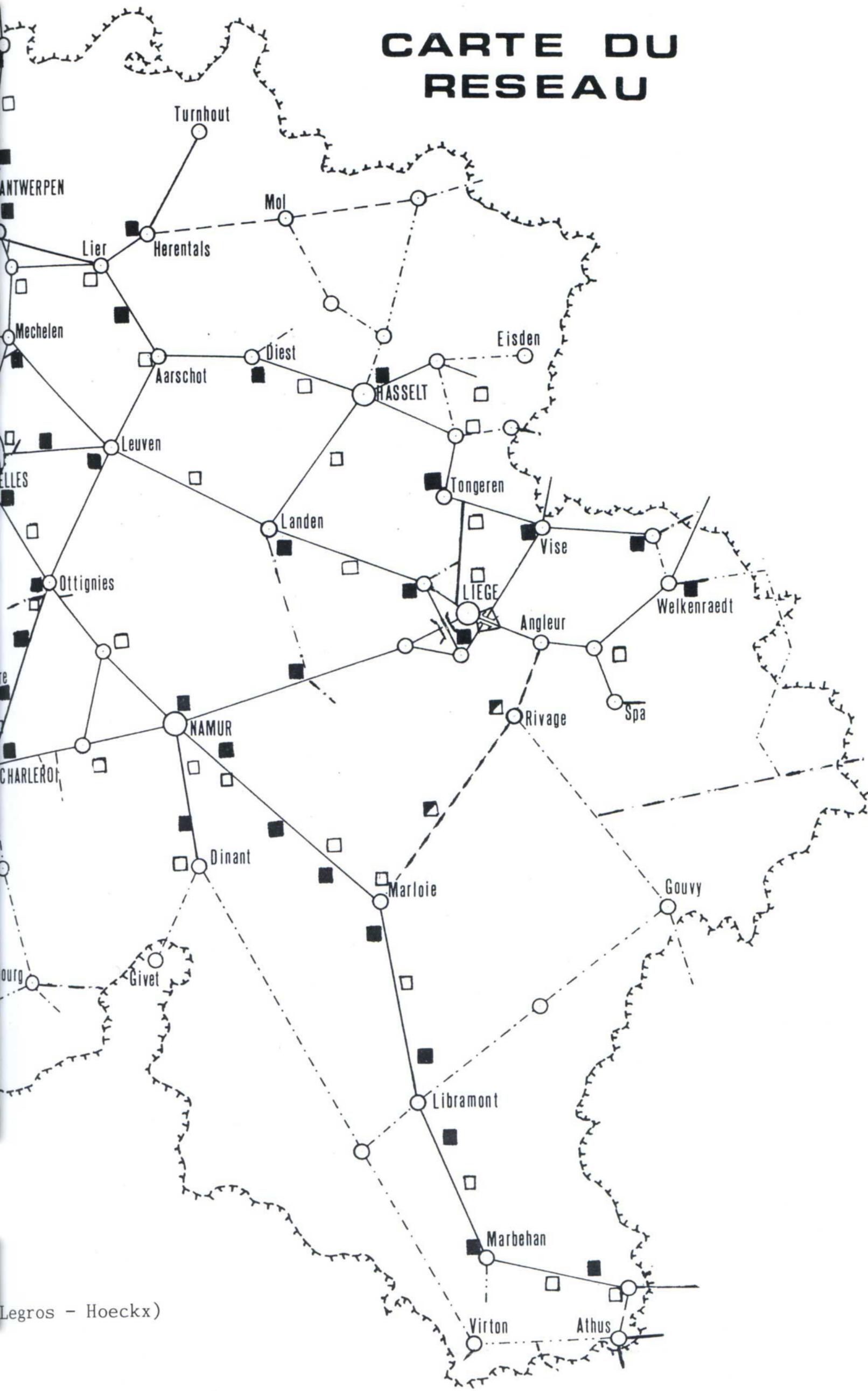
(1) Il y a 24,8 km entre les gares de Tournai et de Lille, dont 17,2 km entre les bifurcations de Froyennes et de Hellemmes. Compte tenu des accélérations et ralentissements, le gain à attendre d'une vitesse relevée à 160 au lieu de 120 km/h est insignifiant (guère supérieur à une minute). La controverse est ici de l'enfantillage, surtout quand on se souvient de l'épisode grotesque de la courbe de Beclers. Lille-Baisieux est, pour la SNCF, une ligne locale non électrifiée à desserte omnibus (voir la ligne 94 de l'indicateur).



SOUS STATION
 ■ EN SERVICE
 ▤ EN CONSTRUCTION
 □ POSTE SECTION.

(Dessin de Brigitt)

CARTE DU RESEAU



Legros - Hoeckx)

TGV va imposer la présence d'un centre du côté de Bruxelles-Midi : en cas d'incident, une intervention à partir de Schaerbeek, en passant par la Jonction ou par la ceinture ouest (ligne 28) ferait perdre trop de temps.

En attendant ...

En attendant des lendemains qui chantent, la situation de l'infrastructure électrique - surtout les caténaires - devient préoccupante. La priorité va avant tout aux fils de contact, dont la vie utile varie de 5 à 25 ans en voies principales. C'est évidemment sur les tronçons où l'on tire le plus que l'usure se fait sentir, par exemple les rampes des lignes 161-162. Chose curieuse, des fils plus durs en cuivre au cadmium semblent s'user à un rythme légèrement plus rapide ; affaire à suivre. Depuis trois ans, les achats de fils étaient bloqués ; ils reprennent sur un mode mineur. Il y a aussi une certaine pénurie de petits matériels, mais à quoi bon s'étendre sur une situation quasiment générale : la politique du "zéro stock" n'est pas simple à gérer. Signalons en passant les excellents résultats obtenus avec les matériaux modernes, tels que le plastique renforcé de fibres de verre (GRP), qui remplacent avantageusement bakélite et porcelaine dans les isolateurs.

La caténaire de la ligne 25 (Bruxelles-Anvers) est en cours de remplacement total, mais selon les techniques usuelles ; les évolutions récentes n'étaient pas familières lorsque les décisions furent prises.

Le plus visible, pour le public, est l'état des portiques, qui auraient besoin d'un sérieux nettoyage avant repeinture ; le marketing sait pourtant que l'aspect d'une vitrine fait vendre. Et pourquoi pas des portiques gris-bleu dans les paysages dégagés en plaines, ou verts dans les zones boisées ?

3. LES SOUS-STATIONS DE TRACTION 3000 V DE LA SNCB.

L'électrification de Bruxelles-Anvers fut, d'abord, un succès commercial : c'est l'essentiel. Ce fut aussi un banc d'essai, qui donna à la SNCB une formation sur le tas, la science de ce qu'il faut faire et surtout ne pas faire, et enfin les rudiments d'une doctrine.

L'implantation.

Sur Bruxelles-Anvers, on avait prévu deux sous-stations : Haren et Mortsel, à environ 7 et 4 kilomètres des extrémités de la ligne, et un poste de sectionnement à Malines, sensiblement à mi-parcours ; en 1500 V, il eut fallu une sous-station de plus. Mortsel, mal située pour alimenter la ligne à marchandises (27) a été remplacée par celle de Berchem ; quant à Haren, toujours en service en 1990, il en sera question plus loin.

Une théorie tend à distinguer les sous-stations concentrées et les sous-stations réparties ; elle est valable pour les longues lignes françaises à 1,5 kV, dépourvues d'antennes et aux rares bifurcations. Sur le réseau de la SNCB, on trouve de multiples noeuds ferroviaires, des "carrefours en étoile" où convergent trois, quatre lignes et davantage : on y implanta les sous-stations principales. Dans ces gares les démarrages sont nombreux, les appels de courant répétés, les sources d'énergie abondantes sont proches. La ligne 162 Namur - Luxembourg est, bien entendu, un cas à part.

Outre ces sous-stations nodales que l'on retrouve sur les plus anciennes électrifications, disons jusqu'en 1970 environ, on installa quelques sous-stations intermédiaires, soit pour réduire l'espacement entre sous-stations, soit pour tenir compte d'arrêts intermédiaires ou de difficultés de traction : par exemple, Baulers, à 28 km de Bruxelles et de Charleroi (ligne 124). Sinon, des distances de 30 à 40 km étaient admises ; cela collait bien au maillage du réseau et aux possibilités du 3000 V, assez peu sollicitées au départ. On économisait sur les emprises au sol, les bâtiments et les voies d'accès, les auxiliaires et les alimentations haute tension.

L'histoire se répète : le trafic augmentant en fréquences et en charges plutôt qu'en performances individuelles, les surcharges et les chutes de tension se multipliaient, imposant des améliorations. Les nouvelles électrifications absorbaient l'essentiel des moyens et la situation actuelle est le fruit d'une triple évolution :

- utiliser systématiquement tous les groupes, alors qu'à l'origine un groupe par sous-station était censé servir de réserve ;
- augmenter la puissance unitaire des groupes en remplaçant les équipements anciens par d'autres, de technique plus évoluée, au bénéfice de l'entretien. L'esprit (ou la manie) de standardisation a cependant fait que l'évolution s'est figée : depuis 20 ans, les groupes ont toujours la même puissance ;
- intercaler de nouvelles sous-stations de renfort en transformant les postes de sectionnement d'origine, l'implantation se faisant ainsi généralement à mi-distance des sous-stations nodales ou encadrantes. C'est le principe du doublement, une tendance vers les sous-stations réparties, mais on s'en tient à deux groupes par sous-station au moins, pour ne pas trop développer les lignes HT.

Enfin, les électrifications postérieures à 1973 s'adressent à des lignes moins sollicitées ou plus spécialisées. Les études d'implantation sont affinées, mais les moyens vont en priorité aux nouveaux ouvrages d'art.

La mise sous tension de la ligne 154 Namur-Dinant, avec la sous-station d'Yvoir, a eu lieu en 1990. Il reste à terminer l'électrification de la section Angleur-Rivage-Marloie de la ligne 43, prévue avec deux sous-stations légères et envisagée maintenant pour 1993.

*

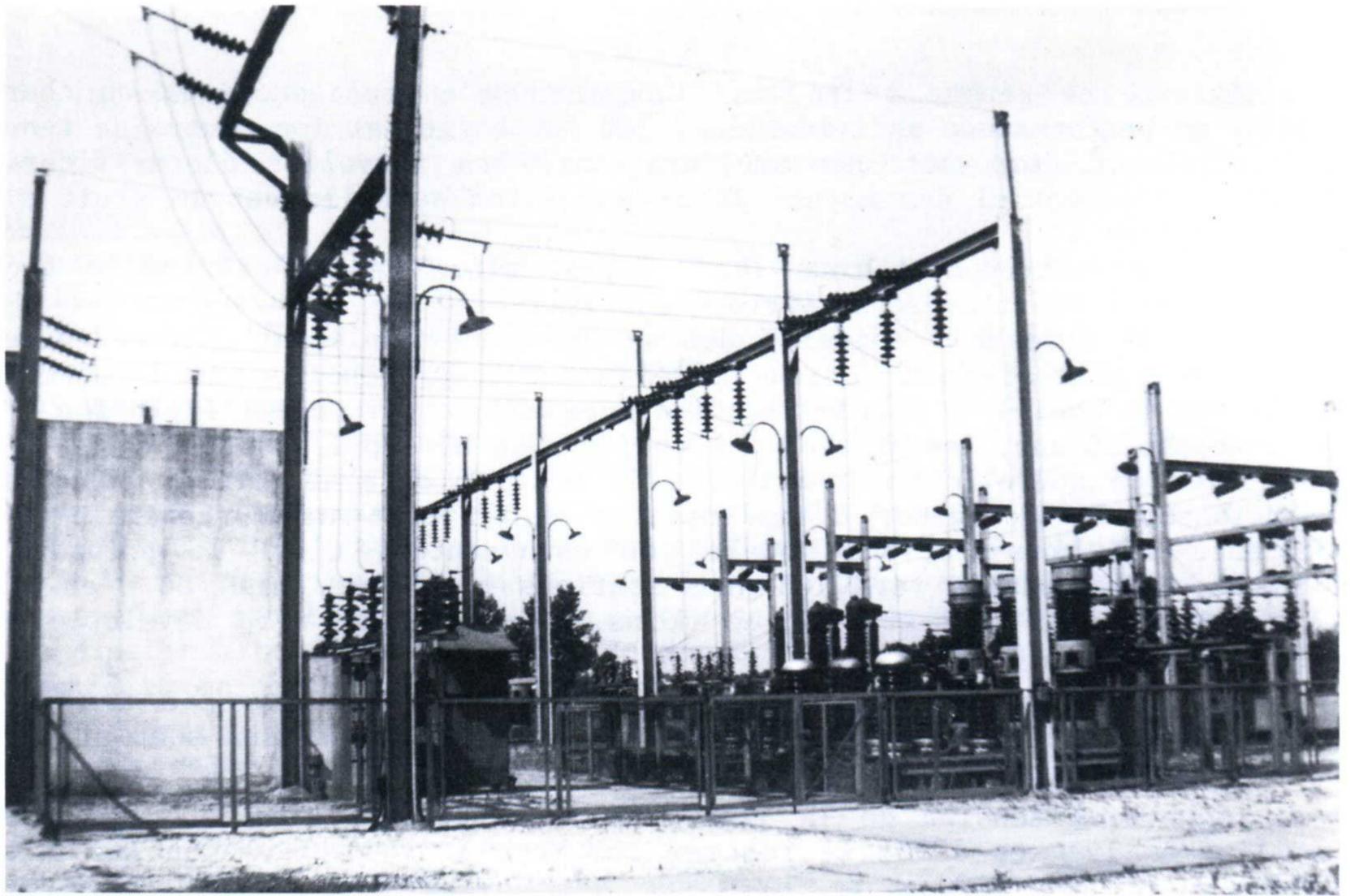
Donc, en 1990 et pour les deux années suivantes, la SNCB utilise 61 sous-stations de traction, avec 166 groupes totalisant 686.000 kW installés (puissance nominale). Ceci représente, en moyenne, 11.250 kW par sous-station ; ce sont indubitablement des installations concentrées.

Pour 2292 km de lignes électrifiées, cela donne une moyenne de 37,6 km de ligne par sous-station ; il ne s'agit pas d'espacement et ce chiffre ne signifie pas grand-chose sur un réseau maillé. Mais cela donne également à peine 300 kW installés par kilomètre de ligne, ce qui est faible ; il faut toutefois moduler : il y a des lignes où les besoins sont couverts : liaisons de complément, antennes avec une ou deux paires de trains ou d'automotrices par heure. Il y a eu des améliorations sensibles : en lui octroyant 1/4 de la puissance de la sous-station de Namur, la ligne 162 Namur-Arlon dispose de 648 kW par kilomètre ; on connaît son trafic et son profil heurté. C'est à peine satisfaisant pour les performances actuelles.

Le fait est que depuis l'apparition de locomotives de taille normale (les séries 20 et 27) et des automotrices "Break" (série 301 à 440), la traction récrimine : à quoi bon avoir des chevaux si l'on ne peut les nourrir ? L'infrastructure le sait : elle impose une limitation de 2400 A par train, tout en sachant qu'il en faudrait 4000 ; les moyens manquent pour faire mieux, ou plus vite. Cependant, des farceurs exigent le 160 partout et tout de suite, sans savoir de quoi ils parlent (1).

Car il y a des projets d'avenir : les TGV d'abord, les trains IC+ et tout le plan STAR 21, les augmentations de vitesse et de capacité, une sorte de RER

(1) Un peu fortuitement d'abord, puis sous l'influence temporaire de certains dirigeants, la SNCB avait choisi une traction qui, par ses performances, se hissait au niveau des autres réseaux européens (locomotives 20 et 27, automotrices 300). On s'empessa, par après, de faire marche arrière ; cette complaisance pour le médiocre et le meilleur marché est une constante que l'on relève aussi en dehors de la SNCB.



Sous-station de Baulers, en juin 1951 (ligne de Bruxelles-Midi à Charleroi-Sud). (Photo G. Nève)



Sous-station de Braine-le-Comte, sur la ligne de Bruxelles-Midi à Mons. (Photo SNCB)

bruxellois qui n'est autre que la survivance de la "petite étoile". Quant au simple entretien pour préserver et améliorer l'outil, il n'y a que les cheminots pour s'en soucier. En attendant, on fait de son mieux avec le peu qu'on a.

La consommation de courant, mesurée côté HT à l'entrée des sous-stations, pour la traction électrique et le chauffage des trains de la SNCB, atteint environ un milliard de kWh par an (très exactement 994.543.000 kWh en 1988). Les locomotives s'attribuent 54 % du courant consommé, les automotrices 46 % (les automotrices postales sont comptées à part). Ceci équivaut à un taux d'utilisation moyen de 16,54 % environ de la puissance nominale de l'ensemble des sous-stations. Compte tenu d'une très faible marge de sécurité, ce taux n'a rien que de très normal. En traction électrique comme ailleurs, l'amplitude des pointes conditionne l'ensemble.

Bien entendu, les sous-stations sont toutes télécommandées à partir de postes de "gestion de l'énergie", qui sont à Anvers, Bruxelles, Charleroi, Gand, Hasselt, Mons et Namur ; c'est beaucoup. Une centralisation serait souhaitable et surtout une unité de commandement pour les lignes TGV.

Evolution de la technique des sous-stations.

La sous-station de Haren, la doyenne du réseau, résume l'évolution depuis 1935. C'était, et c'est toujours, un bâtiment à deux étages renfermant tout l'appareillage. Au rez-de-chaussée, l'arrivée des câbles HT et les disjoncteurs triphasés ; au premier étage, les transformateurs 11 kV en cellules fermées, les trois redresseurs à vapeur de mercure de 1500 kW chacun et le tableau de commande ; au second étage, les barres, les feeders de départ et les disjoncteurs ultra-rapides en 3000 V continu (DUR). Plus, en réserve, un groupe complet transformateur-redresseur, un DUR et une barre auxiliaire. Et puis aussi les locaux pour le personnel, car l'occupation était alors permanente : télécommandes et télémessures naissaient en 1935 et allaient s'étendre ailleurs que chez nous, car la SNCB n'avait que deux sous-stations à prendre en charge, c'était trop peu pour une quelconque commande centralisée qui viendra après la guerre.

A cette époque, les lignes téléphoniques aériennes ne manquaient pas ; pour leur épargner les mélodies engendrées par les harmoniques du 300 Hz du continu redressé, on installa dans les sous-stations des circuits résonants (capacités et selfs), qui éliminèrent les ennuis.

En 1948, la sous-station de Haren fut remaniée et comportait alors trois groupes de 3000 kW, formés chacun de deux redresseurs 1500 kW de 1935 branchés en parallèle. Il s'agissait de redresseurs hexaphasés, à six anodes avec grille, vide entretenu par pompe et refroidissement par circulation forcée d'eau réfrigérée artificiellement.

Enfin, le 15 septembre 1961, le groupe 2 de la sous-station de Haren fut rénové : les deux redresseurs à vapeur de mercure furent échangés contre un redresseur sec doté de diodes au silicium (Si) de Siemens ; c'était, paraît-il une première mondiale en traction. Ce redresseur comportait un pont à 6 branches, chacune comptant 7 diodes en série et 5 en parallèle, soit 210 diodes pour le groupe (tension inverse de crête répétitive max. 1200 V (U_i), en service 520 V (U_s), rendement 98,50 % à 3/4 charge). Le refroidissement forcé se fait par 5 ventilateurs. C'est le plus ancien groupe redresseur en service à la SNCB.

De 1949 à 1960, on utilisa des redresseurs à vapeur de mercure normalisés, type hexaphasé avec grilles d'anode, à vide entretenu et refroidis par air, de 3000 kW nominaux : tous ont disparu. La SNCB n'a jamais utilisé de redresseurs monoanodiques, types ignitrons ou excitrons : les besoins étaient satisfaits et nos constructeurs ne s'y attardèrent pas ; par contre, depuis 1961, on n'utilisa plus que des redresseurs secs. Les groupes 1 et 3 de Haren furent transformés en 1964. Dès 1966, les nouvelles sous-stations de Kinkempois et de Welkenraedt recevaient des groupes redresseurs à 240 diodes par groupe, de

3000 kW. Puis, à partir de 1967, les groupes unifiés de 4800 et 4200 kW sont seuls installés. Voici le détail des sous-stations actuelles :

- 2 à 4 groupes de 4800 kW :
Bruxelles-Midi, Bruxelles-Nord
- 6 à 4 groupes de 4200 kW :
Malines, Berchem, Gand, Bruges, Namur, Louvain
- 1 à 4 groupes de 3000 kW :
Kinkempois
- 23 à 3 groupes de 4200 kW :
Ekeren, Charleroi, Manage, Braine-le-Comte, Mons, Tournai, Denderleeuw, Courtrai, Zottegem, Termonde, Lokeren, Ottignies, Ciney, Arlon, Landen, Voroux, Diest, Hasselt, Visé, Statte, Tongres, Hal, Ath
- 2 à 3 groupes de 3000 kW :
Haren, Welkenraedt
- 27 à 2 groupes de 4200 kW :
Watermael, Baulers, Lobbes, Piéton, Blaton, Dudzele, Hogue, Forrières, Hatrival, Longlier, Marbehan, Kortenberg, Herentals, Heist-op-den-Berg, Montzen, Willebroek, Ostende, Marbais, Ransart, Enghien, Lichtervelde, Ypres, Aalter, Essen, Jurbise, Sart-Bernard, Yvoir

Deux sous-stations se construisent, au ralenti, sur la ligne 43 : Rivage, avec 1 groupe et 2 arrivées, et Melreux avec 1 groupe et 1 arrivée ; la simplification est à l'ordre du jour.

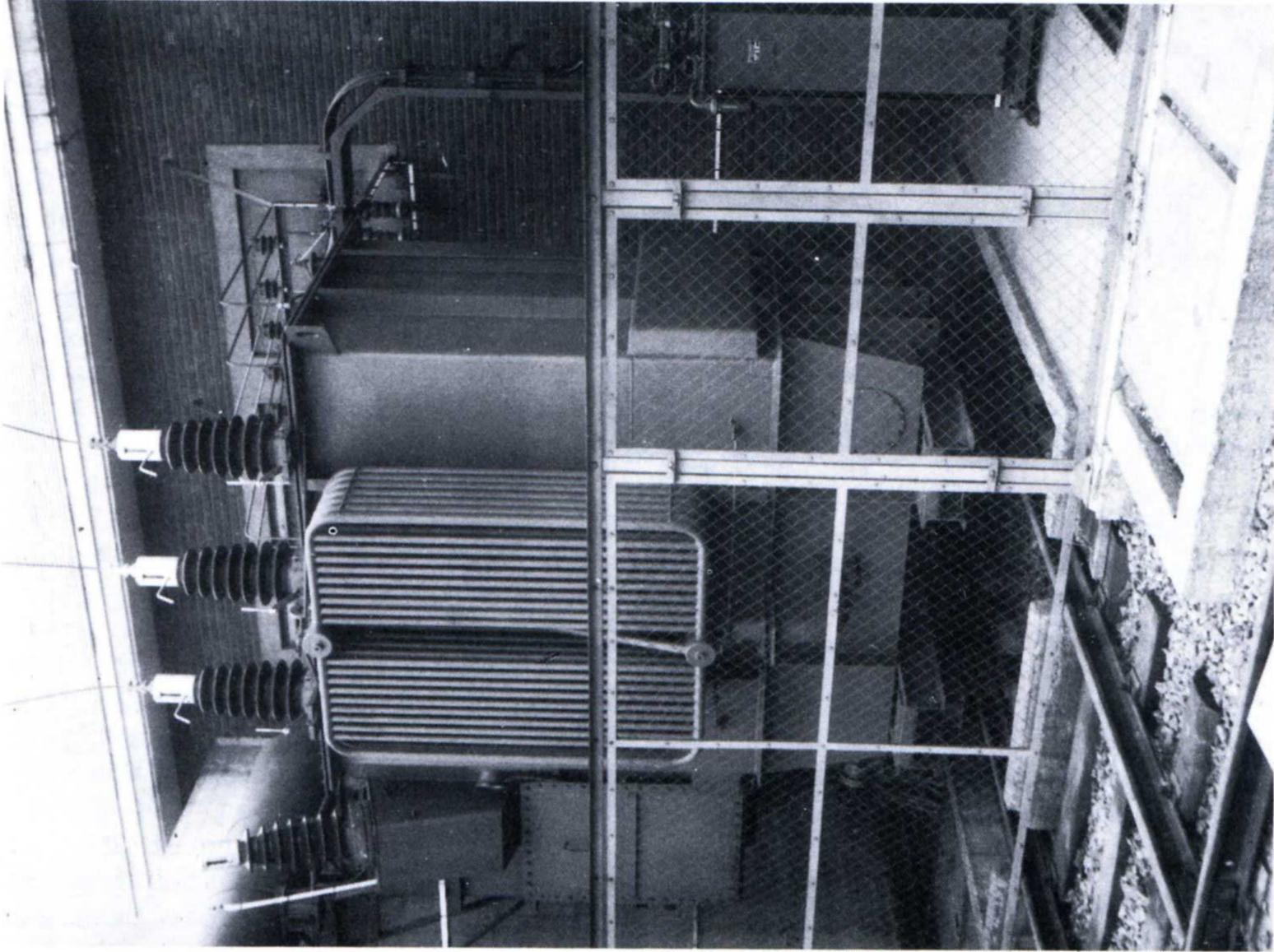
Les plans prévoient encore deux sous-stations de renfort : Pepinster, sur la ligne 37 (mais la problématique TGV modifie les données) et Beuzet, vers le PK 50 de la ligne 161, au sommet de la rampe de Rhisnes, en quittant Namur vers Bruxelles ; on préférera sans doute transformer en sous-station le poste de sectionnement de Gembloux (PK 44), en réutilisant une partie de l'appareillage : disjoncteurs et sectionneurs télécommandés. Coïncée entre la bosse de Mont-Saint-Guibert et la rampe de Rhisnes, cette sous-station est ardemment souhaitable.

Alimentation et parties HT.

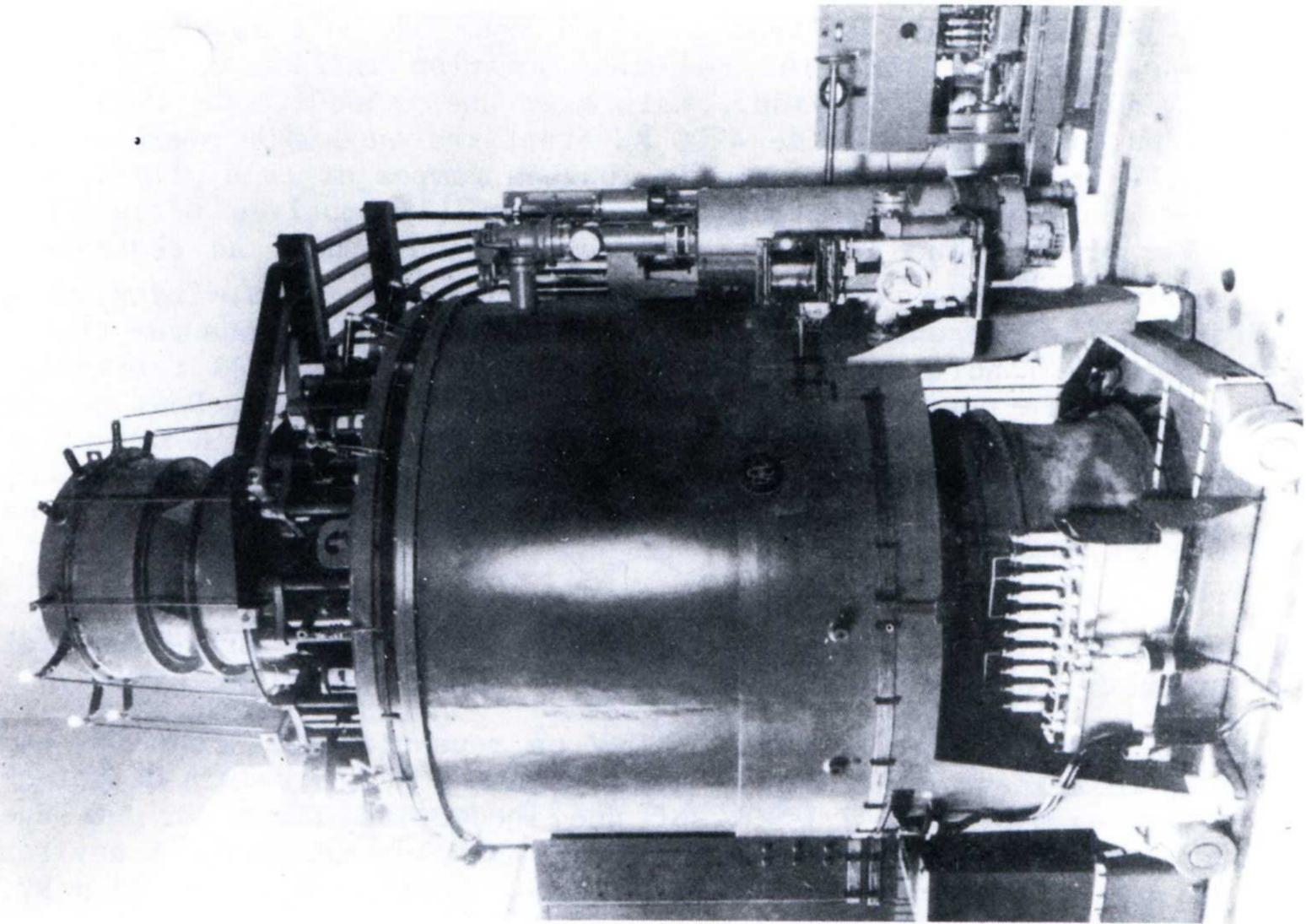
Avec des sous-stations réparties, l'effacement de l'une d'elles reporte la charge sur les stations encadrantes ; avec des sous-stations concentrées, on multiplie les précautions pour que la défaillance soit évitée ou minimisée. Des équipements de réserve sont prévus par simple mesure de prudence ; c'est le cas des alimentations, côté triphasé haute tension (HT).

Chaque sous-station a deux arrivées de courant, avec une ou deux origines : l'une normale, l'autre en secours. Les deux alimentations fonctionnent parfois en parallèle ou selon convention avec le fournisseur ; ce dernier se charge d'amener le courant à l'entrée des sous-stations. La concentration de l'habitat, l'urbanisme, la sécurité et les possibilités de raccordement font que, sur 61 sous-stations, 32 sont alimentées par câbles souterrains à 36, 30, 15 ou 11 kV (Berchem, Tournai et Namur ont des câbles à 70 kV) (1). Quant aux 29 autres sous-stations, elles sont alimentées par lignes aériennes, en général à 70 kV, parfois 30 kV. La tolérance sur la haute tension est de $\pm 5\%$, exceptionnellement de 10 %. Il y a eu, dans le temps, des dispositifs de réglage en charge côté HT (Ottignies, Namur), mais ces dispositifs, d'ailleurs fournis par les compagnies d'électricité ont disparu depuis longtemps ; la haute tension est encore stable, avec une tendance à la dégradation.

(1) 29 de ces sous-stations ont des postes HT intérieurs. Berchem et Tournai, alimentées par câbles souterrains à 70 kV ont des postes HT extérieurs ; à l'inverse, Mons est alimentée par lignes aériennes à 30 kV, mais avec poste HT intérieur : il n'y a pas de règle fixe.



Transformateur de la sous-station de Namur.
(Photo H. Guillaume)



Redresseur à vapeur de mercure.
(Photo ACEC)

Chaque arrivée avec parasurtension, appareillages de mesure et de commande, sectionneurs, etc, comporte un disjoncteur HT (pouvoir de coupure 1000-1500 ou 2500 MVA) et débite sur une barre commune où se raccordent les groupes de traction (transformateur-redresseur), de 1 à 4, et deux groupes auxiliaires dits TS, avec chacun son transformateur indépendant, en général de 250 ou 400 kVA, délivrant du triphasé 220-380 V pour l'alimentation de la salle de commande de la sous-station, du service signalisation et autres installations fixes (1). Sur le réseau, l'éclairage et la force motrice des ateliers sont alimentés séparément, question de tarification.

Chaque groupe, branché sur la barre HT, comporte les sectionneurs et disjoncteurs classiques, semblables d'ailleurs à ceux des arrivées. Tous les gros disjoncteurs HT modernes sont du type à faible volume d'huile ; il subsiste encore quelques disjoncteurs HT à air comprimé, installés avant 1960. Les sous-stations disposent de deux compresseurs, dont un en réserve.

Groupes transformateur-redresseur.

Que les transformateurs soient extérieurs ou intérieurs, les redresseurs sont toujours abrités et enfermés dans un bâtiment ; la SNCB n'a pas de sous-stations réparties - pas encore - et n'a pas utilisé des groupes compacts comme à la SNCF. Il faut cependant parler normes : la tension de 3000 V est nominale et peut atteindre un maximum de 3600 V selon la norme UIC, limite imposée, non par la traction, mais par les auxiliaires du matériel remorqué : chauffage, convertisseurs, conditionnement, etc. Par contre, il n'y a pas de minimum normalisé (2). Les surcharges sont déterminées arbitrairement selon les normes CEI (Comité électrotechnique international) : 50 % durant 1 heure et 200 % durant 1 minute. C'était pertinent en électrotechnique, où les échauffements par surcharges sont progressifs, mais beaucoup moins convaincant en électronique où les inerties thermiques sont nulles ; la seule parade est alors de calculer large. Normes et théories s'établissent souvent après coup, et à côté des voltmètres et ampèremètres habituels, il manque de thermomètres ...

A la SNCB, la tension continue débitée par tous les groupes redresseurs est de 3300 V à 4/4 de charge, et remonte à environ 3530 V à vide. Font exception, les groupes de la ligne 162 de Ciney à Arlon inclus, qui débitent 3125 V à 4/4 de charge (3330 V à vide), mais avec une intensité de 1345 A au lieu de 1273, la puissance nominale de 4200 kW étant inchangée. On avait estimé ce choix préférable pour la traction sur de longues rampes et cela offrait une certaine marge en cas de freinage par récupération (locomotives série 23 à l'origine). On ne ferait plus le même choix aujourd'hui, bien au contraire.

Sur 166 groupes, ACEC a fourni 144 transformateurs ; Trafo-Union en a fourni 16 et Pauwels, le repreneur d'ACEC, les six plus récents. Tous ces transformateurs refroidis à l'huile sont semblables, à des détails près : primaire en étoile avec le neutre non raccordé, ou parfois mis à la terre. Deux secondaires, l'un à couplage étoile, l'autre triangle, débitant de l'hexaphasé - donc à 300 Hz - pour les redresseurs. La puissance nominale est de 3340, 4650-4700 ou 5315 kVA selon les groupes ; le rendement à 3/4 de charge se situe à environ 99,30 - 99,45 %.

(1) Pour le service et l'entretien d'engins "polycourant", Bruxelles-Midi dispose aussi du courant 15 kV 16 2/3 Hz et du 25 kV 50 Hz (500 kVA).

(2) Le minimum de tension est d'environ 1800 V en sous-stations. Pour les engins moteurs, le réglage du relais de tension nulle (RTN = relais de potentiel) est, par exemple, de 2,1 kV sur une locomotive série 20. Sur une automotrice 800, le RTN enclenche à environ 1900 V et déclenche à environ 1300 V. Ces relais électroniques peuvent rester indéfiniment sous 3,6 kV. Ils sont éliminés pour pénétrer sur le réseau des NS.

SCHEMA UNIFILAIRE D'UNE SOUS-STATION DE TRACTION
COURANT CONTINU 3000 V - TRIPHASE 70 kV

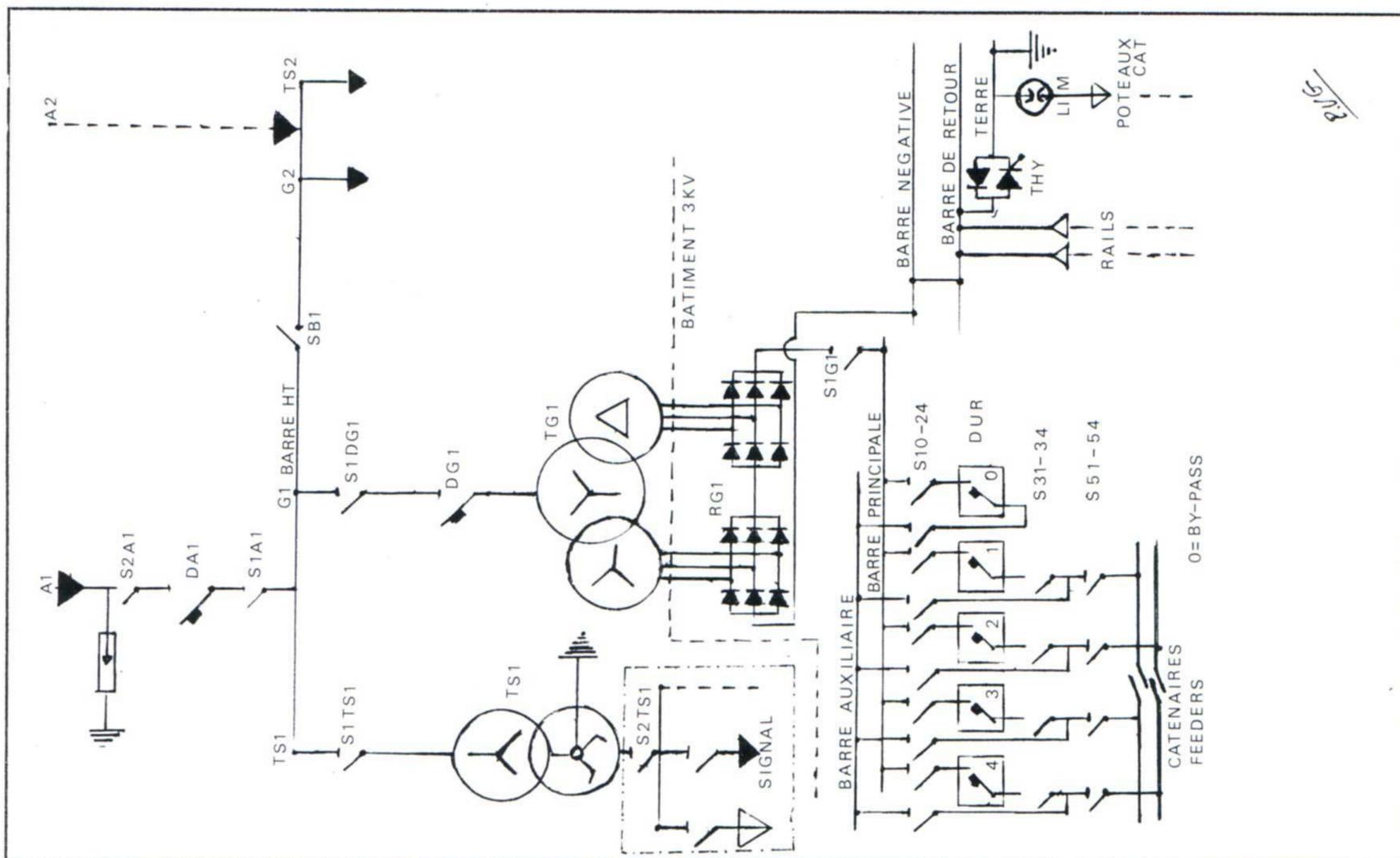
- A1 A2 Arrivées HT triphasé (parafoudre éventuel)
- SB1 Sélection d'alimentation
- DA1 Disjoncteur HT d'arrivée
- TS1 TS2 Groupes auxiliaires triphasé 220/380 V - 250 kVA pour installations fixes, signalisation, commande et asservissements, ...
- G1 G2 Groupes transformateur-redresseur traction
- DG1 Disjoncteur HT du groupe G1
- TG1 Transformateur du groupe G1
- RG1 Redresseur à deux ponts en série
- DUR Disjoncteurs ultra-rapides 3000 A C.C. :
 0 : by-pass

La combinaison des interrupteurs S10-24, S31-34 et S51-54 permet de substituer le DUR 0 à l'un des DUR 1 à 4, d'isoler ou de mettre en parallèle les quatre sections de caténaires

- LIM Limiteur de tension
- THY Armoire thyristors
- S ... Sectionneurs manoeuvrables à vide
- S1G1 Sectionneur 2500 A

Les groupes G2 (G3, G4) et TS2 sont identiques aux G1 et TS1.

La partie distribution à partir de la barre principale et de la barre négative est commune à tous les groupes.



5/12

Quant aux redresseurs, la variété est, apparemment, plus grande du fait de l'évolution rapide de l'électronique et de la croissance des composants. Nos deux fournisseurs habituels sont ici Siemens, pour environ 55 %, et ACEC, pour 45 %. Le couplage se fit en pont de Graetz simple, des origines jusqu'en 1981 (Watermael) ; mais dès 1974 (Mons), on voit apparaître le double pont, seul utilisé actuellement. Voici, à titre documentaire, les particularités essentielles des groupes de 4200 kW les plus récents, à deux ponts en série :

		<u>ACEC</u>	<u>SIEMENS</u>
Nombre de branches		2 x 6	2 x 6
Nombre de diodes par branche			
- en série		1	1
- en parallèle		4	8
Nombre de diodes par groupe		48	96
Tension inverse de crête répétitive			
- max. admissible (Ui)	(V)	4000	4000
- en service (Us)	(V)	1800	1800
Coefficient de sécurité (Ui : Us)		2,2	2,2
Protection par diode	(V)	1500	1500
	(A)	670	350-400
Rendement à 3/4 charge	(%)	99,79	99,80

Le refroidissement des groupes s'est fait par air soufflé jusqu'en 1982 ; depuis lors, le refroidissement naturel est jugé suffisant, les pertes étant très faibles.

Les groupes redresseurs débitent le courant continu, côté positif, sur une barre principale, où se raccordent les feeders de départ, avec chacun un disjoncteur automatique ultra-rapide (DUR). Une barre auxiliaire et des sectionneurs permettent de substituer un DUR de réserve à n'importe quel autre. Il y a, bien entendu, la barre négative où viennent se brancher les rails de la voie (retour du courant de traction), la barre de drainage où se raccordent les canalisations, la barre de terre, les liaisons aux poteaux de caténaire et aux charpentes, etc.

Chaque DUR correspond à un départ, et il y en a normalement quatre pour une sous-station sur une ligne à deux voies : les voies paire et impaire, en amont et en aval de la sous-station. Aux sous-stations nodales, les départs sont multiples, par exemple 17 à Bruxelles-Nord.

La protection des sous-stations.

Point apparemment mineur, la protection des sous-stations est peut-être le maillon le plus délicat en traction électrique.

L'alimentation en triphasé HT relève de techniques usuelles et n'est pas propre au chemin de fer : disjoncteurs HT et sectionneurs manoeuvrés à vide, protection contre les excès d'intensité et de tension, les retours d'arc, les échauffements des enroulements - donc de l'huile - tout est classique, avec cependant une robustesse très poussée. Saluons au passage une relique : un sectionneur à charge à vide, 20 kV-400 A, installé par BBC à la sous-station de Haren en 1935, et assurant toujours la protection HT des deux groupes TS.

Côté distribution, en courant continu, la protection est assurée à chaque feeder de départ par les disjoncteurs électromagnétiques ultra-rapides (DUR), dont le temps de coupure est de l'ordre de 0,01 seconde. Ils sont unifiés, avec une valeur de réglage en courant statique (I max) de 3000 A. Outre l'intensité, ils sont réglés pour réagir au gradient de variation, donc à la vitesse d'accroissement du courant, le di/dt des électriciens. En effet, ils sont sollicités de deux manières distinctes :

- appel de courant excessif de la traction. Il s'agit, en général, d'un cas

fortuit de courte durée, d'une coïncidence n'incriminant aucun train en particulier et sans conséquence durable ; le passage d'une section à l'autre d'un engin tirant à pleine puissance peut provoquer un appel brusque, et le déclenchement. Cela n'a rien à voir avec les chutes de tension répétitives à certains endroits ou à certaines heures : dans ces cas, la demande dépasse l'offre, et il faut alors, ou réduire les exigences du trafic, ou renforcer l'alimentation. Les lignes ont aussi un " profil électrique ".

- les incidents en ligne sont multiples : coups de foudre et surtout mises à la terre accidentelles : les courts-circuits peuvent être francs ou non, proches ou éloignés. A quelques kilomètres de la sous-station, la self naturelle de la caténaire, proportionnelle à la distance, peut amortir l'effet à un point tel que le déclenchement ne se fait pas. Pour ces diverses éventualités, il a fallu compléter les DUR par des relais de détection de défauts de ligne (DDL), des ensembles électroniques analysant les défauts pour décider du blocage ou du déclenchement.

Mais le court-circuit franc, rapproché, libère des courants qui peuvent vite dépasser le dimensionnement d'un DUR ; d'où l'intérêt de la mesure du di/dt , d'un décel et d'une réaction ultra-rapide ; cela risque de devenir insuffisant.

Pour la protection contre les surtensions (foudre, extra-courant de rupture résultant d'une ouverture en charge), chaque départ est protégé par un parafoudre avec éclateur.

Avec des sous-stations concentrées comme celles de Bruxelles (4 groupes de 4800 kW - 1450 A sous 3300 V à 4/4 de charge), les DUR sont à la limite. Sous l'angle de la protection, on estime avoir été trop loin dans la concentration ; il eut été préférable de multiplier les sous-stations en tête des lignes rayonnant autour du complexe bruxellois et d'alimenter ce dernier (Nord - Jonction - Midi) par une série de postes de sectionnement. Solution extrême, mais le TGV va imposer un remaniement sérieux, et de l'alimentation, et du complexe des voies. Il n'empêche que des progrès sont à envisager du côté de la protection.

Les disjoncteurs actuels, tous issus du modèle JR que Steinmetz et une équipe de la GECO mirent quinze ans à développer, ont un demi-siècle d'histoire. Ils ont été perfectionnés - électronique aidant - mais le temps est venu d'inverser les données : la protection doit être d'abord électronique, avec le disjoncteur "full static" dont le principe est celui d'un circuit d'extinction dans un hacheur ancien modèle. Le DUR est remplacé par un thyristor (ou une chaîne de thyristors en série), complété par un sectionneur. Un circuit oscillant (thyristor(s), capacité, self) est monté en parallèle et sa décharge antagoniste provoque la réduction du courant principal à une valeur nulle, le sectionneur s'ouvrant alors à vide. Un disjoncteur de ce type, conçu par l'Institut Montefiore à Liège, a été testé à la SNCV, à la STIB et aux NS ; un prototype 3 kV est en cours de mise au point à Namur, avant d'être installé à Bruxelles-Nord. Et puis, il y a maintenant les thyristors GTO.

On retrouve ici l'idée de base d'anciennes protections : en position fermée, le vieux disjoncteur UR shuntait une résistance ; en s'ouvrant, il insérait cette résistance qui limitait l'intensité et un second disjoncteur (ou un contacteur dit de deuxième coupure) s'ouvrait alors pour parachever le déclenchement. L'électrification de la SNCB est trop récente pour avoir connu ces précurseurs, mais il y avait à Haren, en 1935, deux "limiteurs" basés sur le même principe ; cela ne coupait pas toujours ...

*

On peut compléter le chapitre des sous-stations en mentionnant les postes de sectionnement et de mise en parallèle, situés en pleine ligne, en général à mi-distance entre deux sous-stations, ou en bouts d'électrifications : Zeebrugge, Dinant, Genk, Essen, etc. Ces postes comportent les barres 3 kV et

des DUR télécommandés, identiques à ceux des sous-stations. Profitons-en pour mentionner également les sectionneurs à coupure hors charge, utilisés exceptionnellement pour alimenter de courtes sections, ainsi que les interrupteurs, qui sont des sectionneurs à coupure en charge, en général télécommandés et parfois à commande manuelle. Il faut pouvoir alimenter ou isoler électriquement certains tronçons, soit en pleine ligne, soit en voies latérales, garages,... mais seuls les DUR assurent la protection proprement dite.

4. L'AVENIR.

Supposons le problème financier résolu ; il conditionne tout : le TGV, STAR 21, jusqu'au simple entretien, déjà déficient actuellement.

L'immédiat est le TGV et, ici, le monophasé ne pose pas de problème. En courant continu, il faut considérer les quadruplements de Lembeek à Bruxelles-Midi, de Schaerbeek à Louvain, l'amélioration du complexe existant entre Bruxelles et Anvers avec les 2 + 2 voies des lignes 25 et 27 (1), et enfin Ans-Liège-Chênée. Tout cela se situe dans un ensemble plus vaste de renforcement de l'alimentation sur tout le réseau, mais il faudra bien y ajouter une ligne nouvelle (2).

Entre Anvers et la frontière des Pays-Bas, la SNCB avait envisagé le TGV passant par la ligne 12 améliorée, bien tracée mais actuellement sous-équipée, soit quelque 27 kilomètres entre le débouché d'un tunnel à Anvers-Dam et Essen, avec vitesse portée (!) à 160 km/h. Mais on préférerait nettement un nouveau tracé occidental, la courte "ligne portuaire" longeant le port jusqu'à la frontière la plus proche du côté de Putte, à peine 20 km de ligne nouvelle, à 220 km/h ; c'était le meilleur marché pour nous, car on reportait toutes les difficultés chez les autres. Les Hollandais, vrais négociateurs, ont bien entendu proposé l'inverse, avec un itinéraire oriental longeant l'autoroute E 29, soit quelque 40 km. Ligne dépourvue de toute rentabilité, pour une ou deux paires de TGV par heure et de peu d'utilité pour le reste du trafic où la ligne 12 s'impose. Mais un coup d'oeil sur la carte montre que la liaison directe Anvers-Moerdijk-Rotterdam doit passer par Breda (comme l'autoroute) et non par Roosendaal et encore moins par Bergen-op-Zoom ...

Une solution médiane est possible : améliorer la ligne 12, ne serait-ce que pour ses passages à niveau, en la portant à 200 ou au moins à 180 km/h pour les TGV, 160 km/h pour le reste du trafic ; les rares courbes sont aisées. Et puis une antenne se détachant entre Kalmthout et Wildert, longeant, chevauchant et recoupant la frontière jusqu'au point désigné au sud de Breda ; la dépense serait alors partagée entre SNCB, NS et CEE. Ce tronçon à voie unique à 220 km/h, avec peut-être un garage actif à mi-parcours et réservé en principe aux seuls TGV éviterait une saignée dans la banlieue nord d'Anvers et la Campine anversoise, fort peuplées. Electrifié en 3 kV, ce serait un itinéraire de secours pour la ligne 12. Mais avec les TGV, les appels de courant seront rares et violents, ce qui n'est guère favorable

L'exemple des TGV français a hypnotisé. Un itinéraire sacrifiant le profil au bénéfice du tracé, mais à travers des régions peu peuplées, telles que le Morvan ou la Beauce, ce qui évitait au maximum les ouvrages d'art. Une fois dans des régions à population dense, le problème change et la controverse s'étend dans le Nord comme en Provence. L'environnement, dont la défense est maintenant un outil politique, impose des sacrifices : la ligne allemande à grande vitesse comporte plus de 50 % de sa longueur en ouvrages d'art (ponts, viaducs et tunnels). Au Japon, les lignes les plus récentes du Shin-Kansen

(1) Rappelons cependant à certains polémistes amateurs que la "mise à quatre voies" de Bruxelles-Anvers a été réalisée en 1927, lors du doublement de la ligne 25 par la ligne 27.

(2) On ne parle jamais de la liaison Machelen - Diegem, existant entre les lignes 27 et 36, et qui permet de tracer des TGV Anvers - Liège - Cologne ; seuls quelques aiguillages devraient être plus performants.

comportent 92 % du kilométrage en ouvrages d'art, et même près de 99 % pour la dernière. Nos dirigeants, toujours empressés à signer pactes et accords, ignorent en général à quoi ils s'engagent, quitte à se dérober plus tard ...

*

Quant à l'alimentation proprement dite - les sous-stations - il faut prévoir une double évolution en ce qui concerne le courant continu : quantitative et qualitative.

Quantitative d'abord, c'est-à-dire le renforcement ; plutôt que des hypothèses, voyons deux évolutions en 1,5 kV :

- Montélimar-Miramas (96 km), seul tronçon de la "ligne impériale" Paris-Dijon-Lyon-Marseille, susceptible d'être porté à 200 km/h pour un coût encore acceptable. A l'origine pour 140 km/h, 9 sous-stations avec au total 10 groupes de 4000 kW (excitrons), soit 416 kW/km.

Ensuite, pour 160 km/h et compte tenu du vieillissement des équipements originaux : 11 groupes de 5000 kW, soit 572 kW/km.

Enfin, avec l'autorisation à 200 km/h des seuls TGV, à mi-puissance environ, on ajoute 5 nouvelles sous-stations de 5000 kW chacune, soit au total 80.000 kW ou 833 kW/km. La puissance d'origine, largement calculée cependant, a dû être doublée. Heureusement, la caténaire était lourde.

- Tours-Bordeaux (348 km) où de longs tronçons bien tracés permettent 225 km/h aux nouveaux TGV-A, et 200 km/h aux trains remorqués classiques.

A l'origine (1938) 19 sous-stations concentrées à 2 groupes de 2000 kW chacun (en majorité commutatrices), soit 83 MW nominaux et 240 kW/km pour 120/130 km/h

En 1971-72, avec l'arrivée du 200 km/h et quelques rares trains lourds (rapides et TEE), remplacement des groupes et nouvelles sous-stations réparties donnent 33 groupes de 4400 kW, soit 145 MW et 418 kW/km. L'arrivée des TGV-A à 225 km/h, utilisés à puissance limitée, impose l'adjonction de 8 groupes de 4400 kW dans les sous-stations existantes, le remplacement de 9 groupes de 4400 kW par autant de nouveaux groupes de 6600 kW et enfin 3 nouvelles sous-stations avec au total 4 groupes de 6600 kW (deux groupes alimentent le nouveau contournement de Tours à 270 km/h). Au total, 220.800 kW nominaux, 663 kW/km, pour une ligne tout en palier et avec des interstations de 100 km et davantage ... des conditions bien différentes de celles des lignes belges, où il faut sans cesse accélérer et ralentir.

Ceci donne une idée des futurs développements des lignes SNCB : augmentation du nombre des sous-stations et du dimensionnement des groupes, mais en se limitant à environ 15.000 kW par sous-station.

Quant à l'évolution qualitative, qui demande une foi raisonnée dans les techniques modernes, et donc l'abandon de l'intégrisme, nous croyons que la tendance sera de maintenir constante à 3,5 - 3,6 kV la tension en ligne, en faisant appel aux thyristors dans des redresseurs surdimensionnés mais d'encombrement réduit, et de ne plus subir les chutes de tension. Pénaliser ou brider la traction, donc les performances, est l'indice d'un choix malheureux ... ou de l'étranglement venant de l'extérieur.

Qu'on ne s'y trompe pas : le tracé des lignes, la qualité de la voie, la robustesse de l'alimentation sont aussi indispensables qu'un matériel moderne ; nous dirons même qu'ils le sont davantage ...

*

* *

NOTE COMPLÉMENTAIRE

Les dernières informations reçues au sujet de la liaison TGV au nord d'Anvers confirment le choix de l'option initiale, et donc l'abandon de tous les nouveaux tracés proposés. La ligne sera portée à 160 km/h jusqu'à Kalmthout, à 200 km/h au-delà, avec un simple contournement de Roosendaal. Cette solution économique n'est guère favorable au gain de temps, quoique cet aspect essentiel du TGV ne semble pas influencer les choix de la SNCB. Il reste que la ligne 12, isolée, est vulnérable.

D'autre part, des essais de captation à "grande vitesse" ont eu lieu le 16 mai 1990 sur la ligne 75 : la CC 1805, remorquant trois voitures, a atteint 218 km/h, nouveau record de Belgique. Ces essais concernaient autant la caténaire que les pantographes ; les enseignements n'ont pas été divulgués à ce jour.

Rappelons que la pratique du 200 km/h sous caténaire compound a déjà fait l'objet d'essais de la SNCF en octobre 1965, entre Vierzon et Les Aubrais (Orléans) : la CC 40103, fort proche de nos "18" (un peu moins puissante, mais à bi-réduction 160/240 km/h) y avait roulé à 232 km/h. Les enseignements recueillis alors se concrétisèrent au service d'été 1967 en Sologne, sur la liaison Paris - Limoges - Toulouse, et dès 1971 sur de longues sections de Paris - Bordeaux (par Orléans - Tours), toujours à 200 km/h. Côté caténaire, outre le besoin de fortes sections de cuivre, d'une alimentation généreuse, de feeders et de mises en parallèle, on nota surtout le besoin d'un réglage soigné, d'une tension correcte, d'une hauteur aussi constante que possible, avec des pentes longues et faibles là où elles sont inévitables, en tunnel ou pour passer sous un pont. Depuis lors, des notions nouvelles sont apparues : fils de contact renforcés, fortement tendus, rigidité accrue, homogénéité électrique entre fils et porteurs ... toutes choses déjà connues et que les essais ne peuvent que confirmer.



Les caténaires des lignes électrifiées de la SNCB sont vérifiées chaque année à l'aide de la voiture de mesure ES 601. On remarque les supports à extrémité en ogive, caractéristiques des lignes 26 et 124. (Photo C. Dosogne)

LES AUTORAILS DE LA S.N.C.B. POUR L'ENTRETIEN DES CATENAIRES

par C. Dosogne

Effectif actuel.

A la date du 1er décembre 1990, le parc des "autorails ES" est composé comme suit :

TYPE	NUMERO	LOCALISATION	LIVREE
ES 100	101	Schaerbeek	verte
	102	Schaerbeek	verte
	103	Anvers-Est	verte
	104	Schaerbeek	verte
	105	Kinkempois	verte
	106	Gand	verte
ES 200	201	Charleroi	verte
	202	Schaerbeek	verte
	203	Jemelle	verte
	204	Gand	bordeaux
	205	Arlon	verte
	206	Anvers-Est	verte
	207	Mons	bordeaux
	208	Louvain	verte
	209	Kinkempois	verte
	210	Bruges	verte
	211	Namur	verte
	212	Schaerbeek	verte
ES 400	401 (ex-4307)	Schaerbeek	verte
	402 (ex-4325)	Mons	bordeaux
	403 (ex-4328)	Tournai	bordeaux
	404 (ex-4319)	(Arlon)	en transformation
	405 (ex-4326)	(Anvers-Est)	en transformation
	406 (ex-4306)	Gand	bordeaux
	407 (ex-4320)	(Hasselt)	en attente de transformation
	408 (ex-4305)	(Louvain)	en attente de transformation
	409 (ex-4309)	Bruges	bordeaux et grise
	410 (ex-4315)	(Visé)	en attente de transformation
	411 (ex-4324)	(Charleroi)	en transformation
Série 46	4612 (ex-554.12)	Visé	rouge et jaune
Série 49	4905 (ex-553.21)	Jemelle	verte
	4907 (ex-553.38)	Namur	verte

Une permutation entre les autorails ES 400 destinés à Hasselt et Louvain est possible, ces deux ateliers étant situés dans le même district.

Par ailleurs, bien que la série d'autorails ES 301 à 312 ne figure plus aux inventaires de la SNCB, l'autorail ES 303 (ex-551.15) d'Arlon exécute encore des travaux aux caténaires.

L'avenir.

En juin 1989, le conseil d'administration de la SNCB a approuvé la re-motorisation de six autorails de la série ES 400.

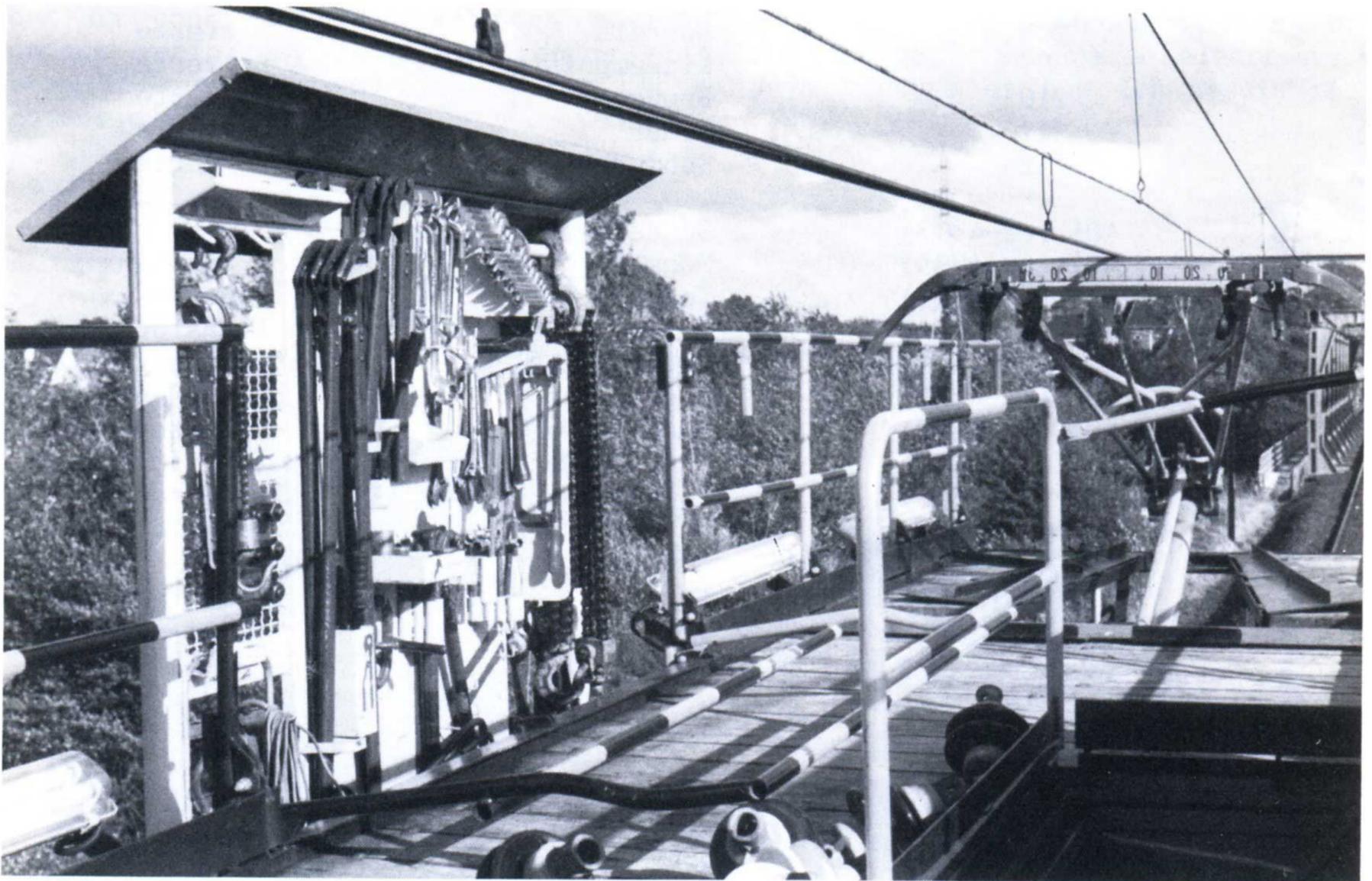
Des différents projets proposés (voir à ce sujet le n° 136 de "Rail et Traction"), c'est le projet d'origine allemande qui a été retenu. Le moteur choisi est le Mercedes MTU 12 V 183 TA 12 (anciennement OM 444), d'une puissance de 375 kW (510 ch) ; il s'agit du moteur qui équipe les nouveaux autorails VT 628 de la DB.

La transmission sera une Voith T 320 RZ hydraulique avec inverseur incorporé, comme sur les VT 628. L'ensemble moteur-transmission sera suspendu vers le milieu de la caisse et attaquera les deux essieux de l'ancien bogie moteur par arbres de transmission et nouveaux ponts d'essieux : la configuration ancienne 1A-2 deviendra donc B-2.

Cette nouvelle motorisation sera accompagnée d'un renouvellement du groupe de refroidissement, l'ancien étant trop faible pour la puissance annoncée.

Si l'ancien bogie moteur (débarassé du moteur et de la transmission SEM-Carels) est conservé, il n'en va pas de même pour l'ancien bogie porteur, qui est remplacé par un bogie de récupération provenant d'une voiture Il retirée du service : ce bogie Schlieren (type SNCB "27") peut supporter une charge de 17 tonnes à l'essieu. Ce changement a pour but de mieux répartir le poids de l'autorail transformé.

La totalité des transformations sera exécutée par l'atelier central de Malines, qui commencera vraisemblablement par l'autorail ES 401, garé depuis 1988 pour panne de transmission. Le coût de l'opération est estimé à quelque 11 millions de francs par autorail.



Vu de la passerelle d'un autorail ES 400, le pantographe gradué servant au contrôle du désaxement du fil de contact. A droite, étagère escamotable supportant une panoplie des outils couramment utilisés. (Photo C. Dosogne)



Autorail ES 101, actuellement avec moteur GM et boîte automatique Voith. Des six autorails de la série, quatre ont été construits par l'industrie privée et deux par l'Atelier Central de Malines. (Photo C. Dosogne)



Autorail ES 207, d'une série de douze unités construites par la "Brugeoise et Nivelles" en 1971-72 ; moteur Poyaud et transmission ACEC. (Photo C. Dosogne)

ASSOCIATION ROYALE BELGE DES AMIS DES CHEMINS DE FER (ARBAC)

a.s.b.l. fondée en 1930

Gare de Bruxelles-Central
1000-Bruxelles

BUTS ET ACTIVITES

Que fait l'ARBAC ?

- elle groupe toutes les personnes qui s'intéressent au Rail ;
- elle permet à ses membres de développer leurs connaissances techniques, économiques, sociales,... dans le vaste domaine des chemins de fer ;
- elle éveille dans l'esprit des jeunes l'intérêt pour les questions ferroviaires ;
- elle fait mieux connaître le Rail dans le grand public.

Qu'offre l'ARBAC à ses membres ?

- des **visites guidées** dans les grandes installations ferroviaires et chez les constructeurs de matériel de chemin de fer ;
- des **réunions** qui permettent aux participants de se connaître, de s'apprécier et d'échanger idées, connaissances, documentation,..
- des **services**, dont les principaux sont :
 - "bibliothèque", prêtant livres et revues ferroviaires à ceux qui sont férus de technique ou d'histoire ;
 - "photographie", permettant de se procurer des reproductions de documents anciens ou récents ayant trait aux chemins de fer ou aux tramways ;
- et enfin, les cahiers de documentation ferroviaire "**Rail et Traction**".

